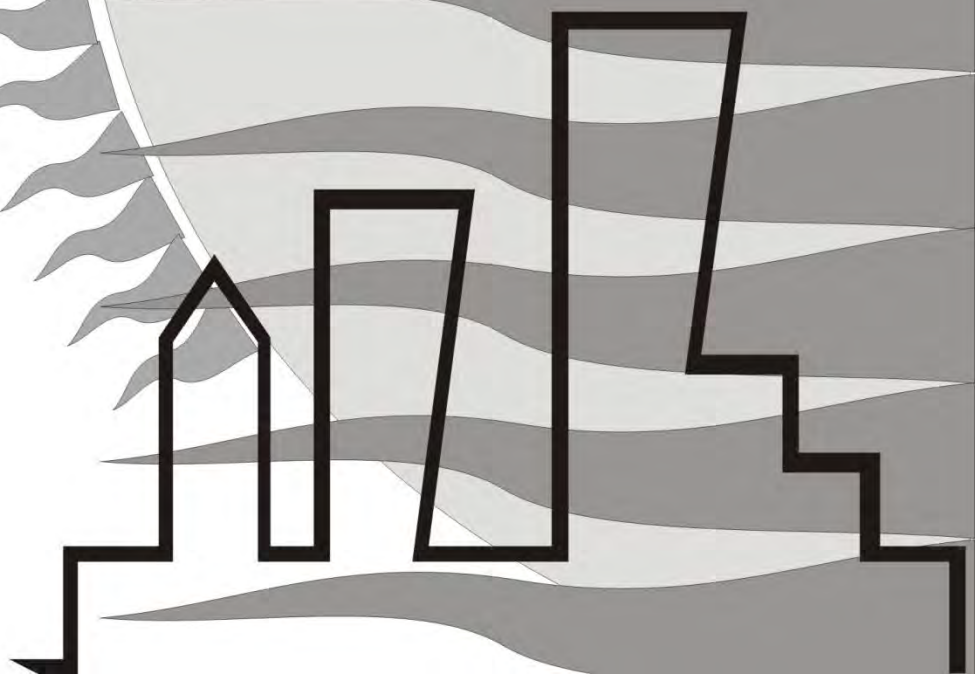
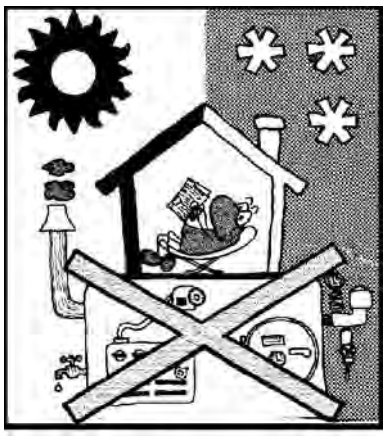
MANUAL DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y SUSTENTABLE

Guillermo Enrique Gonzalo
Colaboración: Viviana María Nota
2015



G.E.Gonzalo, 2015. (5ª edición) ISBN 950-43-9028-5

1 ARQUITECTURA, ENERGÍA Y AMBIENTE



INTRODUCCIÓN AL ACONDICIONAMIENTO NATURAL DE EDIFICIOS

Nunca tomen el estudio como un deber, sino como la envidiable oportunidad de aprender a conocer la influencia liberadora que ejerce la belleza en el reino del espíritu, para alegría personal de ustedes y beneficio de la comunidad a la que pertenecerá su trabajo futuro.

As far as the laws of mathematics refer to reality, they are not certain, and as far as they are certain, they do not refer to reality.

A.Einstein

INTRODUCCIÓN

Por motivos diferentes y en circunstancias distintas, los países desarrollados y sub-desarrollados comenzaron a tomar medidas en cuanto al uso racional de la energía y a implementar aplicaciones basadas en la utilización de energías renovables, luego de la primera gran crisis energética planetaria de 1973, con los sucesivos rebrotes en la misma década y en la siguiente.

Quizá este fue el primer llamado de atención de la globalización económica que se avecinaba y donde el control (¿o descontrol?) de algunos podían poner en estado de crisis a todos, sociedades ricas y pobres, en uno de los intercambios básicos de cualquier sistema, como es el energético.

El World Energy Council (WEC, 2007) realiza cada tres años una publicación donde se investiga la situación mundial en materia energética, no solamente referida a los combustibles fósiles, sino también a la mayoría de las fuentes convencionales y nuevas.

De su último informe se desprende, que el dilema al que se enfrenta la sociedad actual es mantener los altos niveles de consumo de las sociedades desarrolladas, además de los altos niveles energéticos que requieren otras sociedades para continuar con un crecimiento acelerado, especialmente China e India, reduciendo al mismo tiempo la emisión de gases de efecto invernadero y el creciente deterioro del ambiente global.

Países como los Latinoamericanos, incluida la Argentina, no representan un problema y por el contrario, su escaso crecimiento y demanda energética, junto con la alta producción de materia prima básica para otros procesos y, sobre todo, alimentos para el resto del mundo, sin embargo deben sufrir de las "externalidades" o efectos no queridos o previstos, que las sociedades desarrolladas y otras están produciendo.

La International Energy Agency (IEA, 2008) proyecta que la demanda de energía primaria global podría aumentar un 45 % de 2006 hasta el 2030, provocando serios problemas de seguridad energética y de sustentabilidad ambiental, indicando que "*la eficiencia energética es la más grande y económica de las fuentes de recursos energéticos sustentables*".

Algo similar ya lo decía en mi libro del año 1982, donde expresaba que la crisis de energía es tan seria que: "*el cambio de tecnología para llegar a fuentes alternativas o no convencionales como productoras de energía es en estos momentos posible considerando nuestro nivel técnico y deseable desde el punto de vista ecológico.*

La actual generación deberá asumir esta responsabilidad enorme que se le plantea si quiere seguir manteniendo, o mejorar, el inestable equilibrio a que ha llegado en su relación con la naturaleza". (Gonzalo G.E., 1982)

Luego de este párrafo que no se puede denominar "profético" puesto que se basaba en datos que había obtenido en universidades y organismos internacionales (U. California Los Ángeles y Oficina de Asesoramiento Tecnológico del Congreso de EEUU), decía en el libro citado: "Las consecuencias de no planificar los cambios (sobre todo energéticos) que de todos modos se presentarán como inevitables, llevará a una brusca y caótica ruptura social, económica y política a nivel mundial".

Sin embargo llegamos a una situación de crisis energética y por lo tanto ambiental, que distintos investigadores y analistas intentan explicar según un muy amplio rango de opiniones, que van desde motivaciones cíclicas y de baja importancia, hasta de inminentes catástrofes y posibilidades de que se haya alcanzado un punto sin retorno.

Entiendo que el posible diagnóstico correcto y medidas acertadas se encuentran en un nivel cercano a la situación de tragedia, pero que todavía es mucho lo que se puede realizar para controlar y revertir aquellas acciones que los organismos internacionales, los políticos y las instituciones públicas y privadas, no supieron, pudieron o quisieron tomar, pero que inevitablemente ya la sociedad, con un conocimiento más profundo del que se tenía en la fecha del libro citado (1982) está exigiendo y demandando cada vez con mayor fuerza y compromiso.

Es evidente que si tomamos algunos indicadores generales, la sociedad actual está en algunos aspectos en mejores condiciones que hace dos siglos, sobre todo en lo que respecta a la duración de la vida o al confort alcanzado. Pero también debemos considerar el elevado nivel de inequidad social que aún no se revierte, a pesar de todo el conocimiento y la tecnología que la sociedad dispone.

Muy bien lo planteaba Romano Guardini (1961) cuando decía: "El hombre domina en gran medida los efectos inmediatos de la naturaleza. Sin embargo no domina sus efectos indirectos, el *dominar* mismo. Tiene poder sobre las cosas, pero no lo tiene, o, para hablar con más prudencia, no lo tiene todavía sobre su poder"

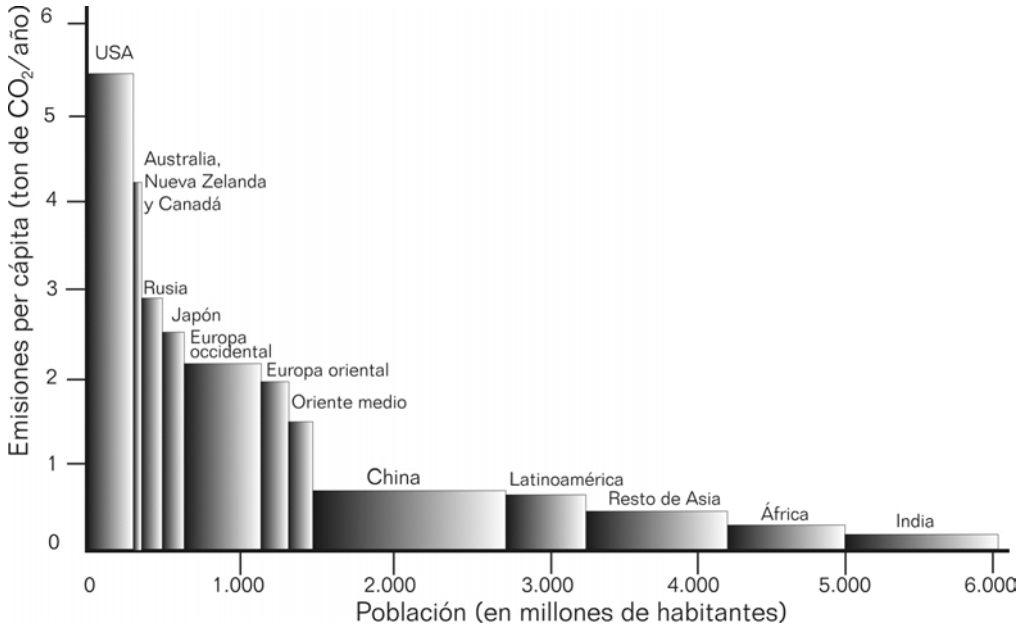


Fig. 1.1. Emisiones de CO2 en diversas naciones y regiones del mundo en el año 2000. El área de los rectángulos es proporcional a las emisiones de cada una de ellas. En vertical se representan las emisiones per cápita. (Reelaborado a partir de: Uriarte Cantolla A. (2003). Fuente: Adapted from Bolin and Khesgi, 2001) using IEA and EDGAR 3.2 database information (Olivier et al., 2005).

Es así que en su informe sobre el desarrollo humano 2007-2008, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2007) establecía que: "Las medidas que tomemos hoy con respecto al cambio climático tendrán consecuencias que perdurarán por un siglo o más. Es imposible revertir en un futuro previsible la parte de este cambio causada por las emisiones de gases de efecto invernadero. Los gases que retienen el calor y que enviemos a la atmósfera en 2008 permanecerán allí hasta 2108 y más.

Por lo tanto, lo que decidamos hacer hoy no sólo afectará nuestra propia vida, sino aún más la vida de nuestros hijos y nietos. El cambio climático es un hecho comprobado por el mundo de la ciencia. Si bien es difícil predecir el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero y son muchas las incertidumbres en la ciencia que minan su capacidad predictiva, hoy sabemos lo suficiente como para reconocer que los riesgos que enfrentamos son grandes y potencialmente catastróficos".

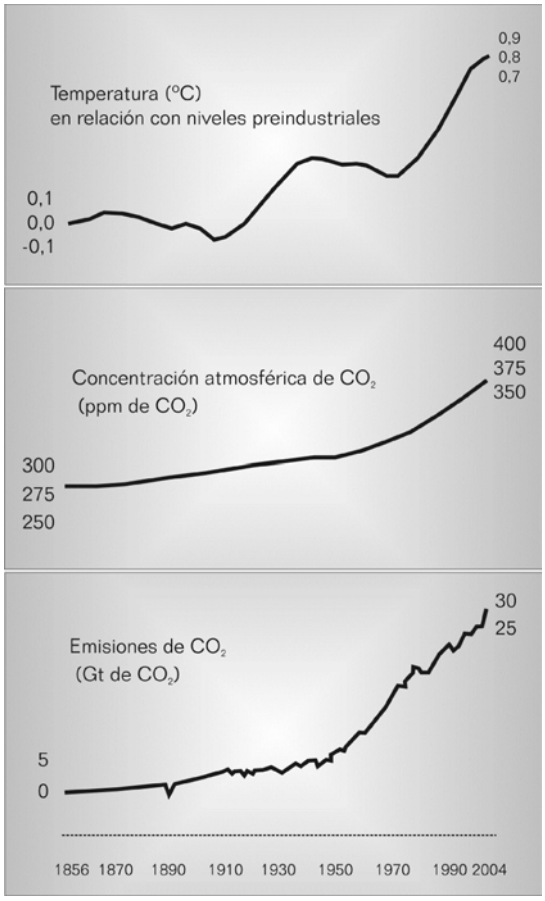


Fig. 1.2. El incremento de emisiones de CO_2 determina el incremento de temperatura mundial. (Olivier, J.G.J., 2005)

Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas, dice que: "Enfrentar el problema del cambio climático requiere actuar en dos frentes. En primer lugar, el mundo necesita con urgencia emprender medidas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Los países industrializados deben comprometerse con mayores niveles de reducción de las emisiones y los países en desarrollo deben involucrarse más; al mismo tiempo, deben disponer de incentivos para limitar sus emisiones salvaguardando, sí, su crecimiento económico y los esfuerzos por erradicar la pobreza".

"La segunda necesidad mundial es la adaptación. Muchos países, especialmente las naciones en desarrollo más vulnerables, necesitan ayuda para mejorar su capacidad de adaptación. También es necesario mayor impulso para generar nuevas tecnologías que hagan frente al cambio climático, hacer viables las tecnologías renovables disponibles y la rápida difusión de la tecnología". (IPCC, 2008)

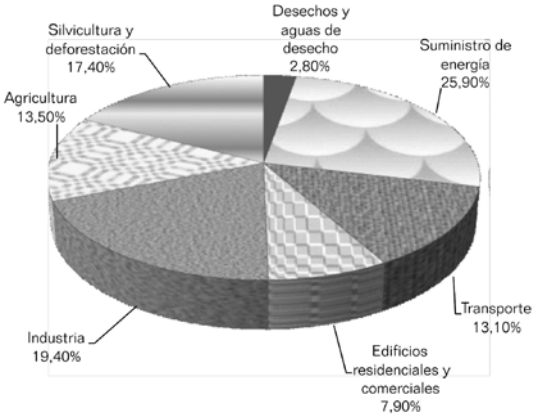


Fig. 1.3. Incidencia porcentual de distintas actividades para la producción de Gases de Efecto Invernadero (Fuente: Olivier, J.G.J., 2005)

Si bien, como vemos en el gráfico anterior, la incidencia en el deterioro ambiental de la edificación no es preponderante, aunque si se manifiesta con mayor fuerza en el consumo energético de una sociedad, los profesionales de la construcción no fueron ajenos a las necesidades de cambios que las estructuras políticas debieron adoptar con rapidez, como tampoco los sistemas educativos, sobre todo universitarios.

Es así que en la década de los ochenta se comenzó a hablar de "Arquitectura Solar", "Arquitectura Bioclimática", "Arquitectura Sustentable", "Análisis de Impacto Energético" y "Auditoría Energética", en relación con la arquitectura y el urbanismo.

Estos nuevos conceptos y desarrollos se fueron introduciendo con lentitud en las escuelas de arquitectura de nuestro país, mucho menos en las otras disciplinas que preparan profesionales responsables del diseño y la construcción de edificios.

En los países desarrollados, por el contrario, el apoyo específico que las administraciones brindaron a los grupos dedicados a la docencia e investigación fue inmediato e importante, así como la aplicación de normas energéticas de cumplimiento obligatorio y la asistencia a empresas que se dedicaban a dar respuestas o que desarrollaban en conjunto

con investigadores universitarios nuevas tecnologías, herramientas de cálculo, proyectos de demostración, formación de recursos humanos, etc.

Se planificaron y pusieron en práctica, además, múltiples acciones con subvención parcial de los gobiernos, para ser aplicadas por particulares, con asistencia técnica de instituciones privadas y públicas. (EREN News, 1999)

Con distintos altibajos y según el país considerado, se consiguieron importantes ahorros de energías no renovables, además de un profundo cambio en el reconocimiento social de la problemática, cambio que se profundiza luego de conocerse los estudios sobre calentamiento global y efecto invernadero, y su relación con las modalidades de producción y uso de la energía, hecho que se produce en la década del noventa.

Mientras los países desarrollados consumen entre el 40 y 60% de la energía para la producción, los otros países lo hacen entre un 10 y 40% (García Silva M., 1986), siendo los porcentajes mayores destinados a consumo doméstico.

Esto nos está indicando la necesidad acuciante de que estos últimos países apliquen en mayor medida las técnicas de conservación y puedan destinar una mayor cantidad de energía al crecimiento.

Por otra parte se debe considerar también que "la riqueza de las naciones, que dependía de la tierra, del trabajo y del capital durante sus fases agrícola e industrial, que dependía de los recursos naturales, de la acumulación de dinero e incluso de las armas, dependerá en el futuro de la importancia de la información, del saber y la inteligencia. Esto no quiere decir que las formas tradicionales de riqueza pierdan su importancia. Pero hay una nueva forma de poder basada en el control de todos esos procesos". (Feigenbaum E.A. y P.Mc.Corduck, 1986)

SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL

En una conferencia dictada en el marco del V World Renewable Energy Congress, realizado en Florencia en septiembre de 1998, J.M. Jefferson, Deputy Secretary General del World Energy Council mostraba una visión pesimista sobre los resultados alcanzados por los acuerdos alcanzados en Río, Berlín y Kyoto. (Gonzalo G.E., 1999)

Entre otros argumentos establecía: "los gobiernos alrededor del mundo han alcanzado muy poco progreso real en la disminución de las emisiones antropogénicas causantes del efecto invernadero desde 1992... y existen muy pocas evidencias de que los gobiernos de los países industrializados se hayan desplazado de la retórica a las acciones reales para combatir el cambio climático".

Refiriéndose a las naciones signatarias de la Convención Climática, que propusieron disminuir sus emisiones al nivel de las del año 1990 en el 2000, Jefferson indicaba que virtualmente ninguno de los gobiernos de las naciones industrializadas alcanzaría este acuerdo logrado en 1992. Tomando las naciones europeas miembros del EU-15 decía que inclusive alcanzarían niveles superiores al 7% de lo establecido.

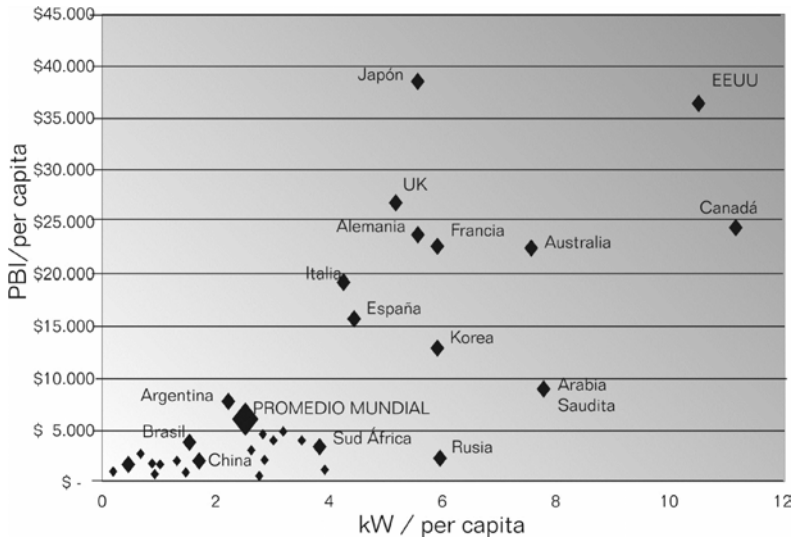


Fig. 1.4. Consumo energético per capita (p.c.) frente a PNB p.c. El gráfico representa la energía p.c. frente al ingreso p.c. de todos los países con más de 20 millones de habitantes, que representan a más del 90% de la población mundial. Se muestra la amplia relación entre la riqueza y el consumo de energía. (IEA, 2006).

Esta preocupante situación lo hizo concluir que "a pesar de los recientes signos del interés de las mayores firmas industriales en desarrollar las fuentes de energías renovables y su tecnología, más rápidamente y en mayor escala, la lentitud de las políticas de desarrollo en un marco de insuficiencia de soporte público real y compromiso, ha dado lugar a un incremento del pesimismo con relación a la:

- Probabilidad de un crecimiento rápido de la eficiencia energética;
- Probabilidad de expansión rápida del uso de recursos energéticos renovables;
- Disminución de las emisiones de gases productores del efecto invernadero y mitigación del cambio climático al nivel de lo que muchos especialistas consideran que es necesario.

Presentando tres escenarios posibles para el consumo energético en el ámbito mundial hasta el año 2100, a los que denominaba de "alto crecimiento", "crecimiento medio" y "manejo ecológico", establecía como éste último podría cambiar totalmente las condiciones de deterioro ambiental, si se establecía una modificación política importante que tendiera a la participación del 20% en el consumo energético global de las energías renovables.

Meyer Barth Jean (2006) escribió en el diario El Universal de México, el 11 de junio de 2006, al respecto del famoso investigador, científico, inventor de tecnologías de vanguardia, James Lovelock, en su último libro La revancha de Gaia donde profetiza una verdadera catástrofe.

Dice Lovelock que nuestro mundo, el marco natural de nuestra civilización se acabará antes de que termine el siglo XXI: "Va a ser un golpe muy grande para los hombres, pero sobreviviremos y tendremos la oportunidad de empezar de nuevo".

“Se siente como el mensajero antiguo, portador de malas noticias, que el monarca manda degollar, pero cuando leo que el Ártico ha perdido 300 mil kilómetros cuadrados de hielo en sólo un año, que la pérdida de hielo de Groenlandia ha pasado de 50 kilómetros cúbicos por año en 1996 a 150 kilómetros cúbicos el año pasado, cuando los expertos calculan que en 2070 no habrá más hielo en verano en el polo norte (los pesimistas dicen que eso ocurrirá en 2030 y los optimistas incurables se frotan las manos: eso abrirá perspectivas fabulosas de nuevas rutas marítimas, nuevos yacimientos de petróleo y gas, y añado yo, de conflictos territoriales entre los Estados), pues cuando leo todo eso y la devastación de las Amazonas, y las decenas de miles de hectáreas de bosque mexicano incendiadas en el pasado mes de mayo, creo que Lovelock tiene razón. Lo que viene en forma de castigo será bien merecido. Lo buscamos” ¿Demasiado pesimista?

Probablemente, pero tiene razón cuando dice que la situación presente le recuerda a 1938, cuando todo el mundo sabía, sentía que venía la catástrofe, que venía la guerra mundial, y nadie actuaba de manera sensata. "Nuestra situación es similar, el desastre puede ocurrir repentinamente". Es similar porque pisamos el acelerador mirando en el retrovisor, sin querer ver el muro que está en frente.

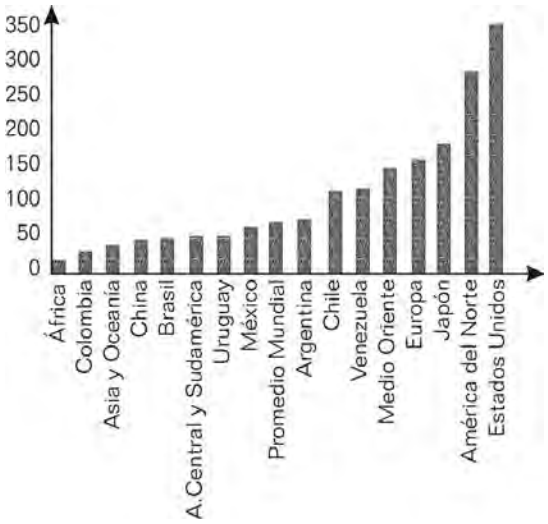


Fig. 1.5. Consumo Per Cápita de Energía: año 2004. En Millones de Btu. (Mezza N., 2007)

Bien lo dijo Tony Blair: "la cruda verdad sobre la política del cambio climático es que ningún país acepta sacrificar su economía para enfrentar tal reto".

Es el caso de China y de India, cuyo crecimiento acelerado despierta la gula energética, es el caso de Estados Unidos, la primera economía mundial, la primera emisora de gases-invernadero; es el caso de los países en vía de desarrollo que quieren "desarrollarse", y de los países desarrollados como Francia y Alemania que tienen una alta tasa de desempleo.

Un milagro podría salvarnos, un descubrimiento tecnológico, el de una nueva fuente de energía no contaminante.

ESTRATEGIAS POLÍTICAS DE OTROS PAÍSES. ALGUNAS PROPUESTAS DE CAMBIOS.

Europa en el conjunto de países que tienen mayor legislación y que tomaron previsiones frente al problema climático que se estaba produciendo. Entre los objetivos principales de la Unión Europea (UE) se encuentran la reducción del consumo de energía y la prevención del derroche energético. (Europa, 2008). Al favorecer la mejora de la eficiencia energética, la UE contribuye de forma decisiva a la competitividad, a la seguridad del abastecimiento y al respeto de los compromisos asumidos en el ámbito del Protocolo de Kioto sobre el cambio climático.

"Existen importantes potenciales de reducción, en particular en los sectores que consumen mucha energía como el de la construcción, las industrias transformadoras, la conversión de la energía y los transportes. A finales de 2006, la UE se comprometió a ahorrar un 20% del consumo anual de energía primaria de aquí a 2020. Para alcanzar este objetivo, moviliza a los ciudadanos, a los responsables públicos y a los protagonistas del mercado, y establece, entre otras, normas mínimas de rendimiento energético y normas sobre el etiquetado, aplicables a los productos, a los servicios y a las infraestructuras".

A pesar de tener una serie de críticas es de mucha utilidad y se puede obtener en forma gratuita de Internet: el Libro Verde sobre la eficiencia energética. Con este Libro Verde, la Comisión desea reactivar la actividad de la Unión Europea (UE) en materia de ahorro energético.

La Comisión invita a las autoridades públicas a responsabilizar al conjunto de los ciudadanos y las empresas recompensando los comportamientos de ahorro. La eficiencia energética es un importante reto, sobre todo dada la amenaza que la actual evolución del consumo de energía supone para el medio ambiente y el crecimiento económico de la UE. Deben realizarse esfuerzos sobre todo en los sectores del transporte, la producción de energía y los edificios.

Los programas energéticos para los Estados Unidos de Norteamérica, informados en la Comprehensive National Energy Strategy (San Martín R. L., 1998) y DOE / S–0124, 1998, que contemplaban cinco medidas estratégicas:

1. Mejorar la eficiencia del sistema energético, haciendo un uso más productivo de los recursos energéticos a fin de mejorar el comportamiento económico global, mientras se protege el medio ambiente y la seguridad nacional.

2. Asegurarse en contra de desequilibrios energéticos, previendo la posibilidad de presiones externas con interrupción de suministros o fallas de la infraestructura.

3. Promover la producción y el uso de la energía de modo que se respete la salud y los valores ambientales, aumentando la salud y la calidad ambiental en los niveles locales, regionales y planetarios.

4. Expandir las posibilidades de elección de energías en el futuro, manteniendo el crecimiento de la ciencia y tecnología a fin de proveer a las futuras generaciones de un completo abanico de fuentes energéticas limpias y a un precio razonable.

5. Cooperar internacionalmente en problemas globales, desarrollando los medios para aportar a una economía global, seguridad y conciencia ambiental.

Dentro de los siete títulos que contempla el programa global, se prevén seis acciones claves y dos en el área de energía, con directa relevancia para las energías nuevas y renovables. Sin embargo, de publicaciones que analizan los resultados alcanzados, vemos que estas metas no se cumplieron y están muy lejos de ser alcanzadas.

El Integrity Research Institute (IRI) ha publicado un análisis de 176 páginas: "Energy Crisis: The Failure of the Comprehensive National Energy Strategy" (Valone T., 2002) donde demuestra que solamente se lograron cerca de un 35% de las previsiones anteriores. Las causas son muchas pero se desprende como principal la falta de conciencia pública y el elevado grado de derroche energético de los EEUU, como vimos en gráficos anteriores.

Otros países emergentes, cuyos crecimiento han sido sostenidos en las últimas décadas, sobre todo los denominados "tigres asiáticos", la India, la China, Corea, Japón (que ya venía con un crecimiento sostenido) han hecho que muchos de los protocolos y tratados firmados no se cumplan, por un problema de competencia en donde el balance económico es directo y sin considerar "externalidades" por lo que se llega al 2008 en una situación casi dramática en cuanto a la contaminación derivada del consumo energético.

Muchos países desarrollados han implementado además políticas propias, atendiendo a problemas particulares, entre ellos es un ejemplo mundial el Gobierno Federal de Alemania que ha decidido el abandono paulatino de la energía atómica, impulsando las fuentes de energías renovables, así como el ahorro de energía.

La Asociación Federal para Economía Solar indica para el año 2006 "un total de 1.300.000 plantas solares instaladas en Alemania. Tan solamente en el año 2006 se establecieron 220.000 plantas nuevas. Las plantas solares térmicas se usan en Alemania principalmente para el tratamiento de agua caliente y para el apoyo de calefacción en casas particulares, pero también en plantas comunitarias de mayor tamaño, así como en piscinas.

La popularidad de la generación solar térmica y fotovoltaica de calor y corriente eléctrica alcanzada a pesar de gastos de fabricación relativamente altos se explica con los programas de fomento estatales de gran alcance, pero se debe también a la conciencia de medio ambiente que se ha agudizado entre los consumidores particulares".

"Las energías renovables en Alemania alcanzaron en el año 2006 una participación en el consumo de energía primaria de 5,8%, con un crecimiento de la participación de las energías renovables en el consumo bruto de corriente eléctrica de 12,0%." (BMWi, 2008)

Otros países fuera de los centrales, han entendido el incuestionable aporte que las energías renovables pueden realizar, entre ellos la India que ya en el año 1992 creó el Ministerio de Fuentes Energéticas No Convencionales, que es responsable de la formulación de los planes y el control de las acciones en este campo en todo el país.

Un componente especial de estos programas lo constituyen las ONG (Organizaciones No Gubernamentales), particularmente en áreas rurales, que han permitido a la India tener cerca de 170 Mw de capacidad de generación basada en micro turbinas hidráulicas y 140 Mw con biomasa. Se establecieron además 2,7 millones de plantas biodigestoras para producción de gas para cocinar y 28 millones de cocinas de alta eficiencia.

En el noveno plan quinquenal se prevé la instalación de sistemas de calentamiento solar de agua en 125.000 hogares y 250.000 m^2 de colectores solares para el mismo fin en establecimientos comerciales e industriales.

Lo más reciente en cuanto a previsiones frente a las demandas energéticas y a la protección del ambiente surgen del discurso del electo presidente de los EEUU, que a diferencia del actual presenta propuestas más que originales, pero sobre todo con una estrategia energética que enfrentaba a dicho país con Europa y el resto del mundo. Esperemos que estas promesas se conviertan en hechos, ya que muchas ayudarían a cambiar fundamentalmente la situación energética y medio ambiental actual.

Las propuestas, sacadas del sitio oficial en español del recién electo presidente de EEUU, el plan Obama-Biden de energía para los Estados Unidos, establecen algunos hitos, (http://my.barackobama.com/) cuando dice:

1. Ofrecer asistencia al corto plazo a las familias que pagan mucho por la gasolina.

2. Crear cinco millones de trabajos "verdes" invirtiendo $150 billones en los próximos 10 años.

3. En 10 años ahorrar el equivalente de las importaciones anuales de hidrocarburos provenientes de Oriente Medio y Venezuela.

4. Un millón de autos híbridos en las carreteras para el 2015 fabricados en los Estados Unidos –autos que recorran 150 millas por galón.

5. Generar un 10% de nuestra electricidad utilizando recursos renovables para el 2012, y 25% para el 2025.

6. Implementar un programa general de "cap-and-trade" para reducir las emisiones un 80% para el 2050.

Repaso del plan energético

- *Proveer alivio al corto plazo a las familias estadounidenses*
- *Proponer un impuesto por beneficios inesperados para ofrecer un rembolso de $1.000 de emergencia a las familias estadounidenses.*
- *Prohibir la especulación en materia de energía.*
- *Liberar petróleo de la reserva especial para rebajar el costo de los combustibles.*
- *Eliminar las importaciones de Oriente Medio y Venezuela en menos de 10 años*
- *Elevar los estándares de eficiencia en autos nuevos.*
- *Tener circulando un millón de autos*

híbridos-eléctricos en las carreteras para el 2015.

- *Un nuevo crédito fiscal de 7.000 dólares por la compra de vehículos híbridos-eléctricos.*
- *Establecer un estándar nacional para reducir las emisiones de carbono.*
- *Un enfoque pragmático con respeto a los contratos de riesgo.*
- *Promover una producción doméstica de hidrocarburos responsable.*
- *Crear millones de trabajos verdes*
- *Asegurarnos de que un 10% de nuestra electricidad provenga de recursos renovables para el 2012, y un 25% para el 2025.*
- *Promover la eficiencia energética.*
- *Desarrollar e implementar aquellas tecnologías de carbón limpio.*
- *Dar prioridad a la construcción del oleoducto en Alaska.*
- *Reducir las emisiones de carbono un 80% para el 2050*
- *Implementar un programa "cap-and-trade" para reducir las emisiones un 80% para el 2050.*
- *Hacer de los Estados Unidos un líder en materia de cambio climático.*

Podemos comparar este plan, con lo que vino haciendo la administración en EEUU y las previsiones de los países de la International Energy Agency, que proponían adoptar hace más de 15 años las siguientes estrategias globales (no cumplidas en su mayoría):

- *Mantener inversiones y producción de recursos propios, económicamente viables, en el contexto de las condiciones del mercado mundial.*
- *Continuar el desarrollo de fuentes no petroleras y en particular la generación de electricidad por otros productos distintos del petróleo.*
- *Incrementar la eficiencia del uso de la energía.*
- *Mantener la promoción del libre comercio de productos energéticos para facilitar la diversidad y flexibilidad de importaciones energéticas.*
- *Continuar con el desarrollo y aplicación de fuentes energéticas renovables, económicamente viables.*
- *Promover las previsiones para una eventual ruptura de suministros.*
- *Mantener relaciones constructivas con países fuera de la I.E.A.*

Como otro ejemplo vemos que para esa fecha Canadá estableció las siguientes medidas, con una inversión para realizarlas de 14 millones de dólares canadienses:

- *Asistencia a industrias para promover la investigación y desarrollo e innovaciones.*
- *Asesoramiento a industrias para incrementar la productividad y competitividad internacional.*
- *Asistencia a proyectos de investigación y desarrollo.*
- *Formación de recursos humanos de alto nivel para sentar las bases para un desarrollo social y económico.*

Se podrían citar muchos otros ejemplos de desarrollos alcanzados en el campo de las energías renovables en distintos países, estimando que los seleccionados son suficientes para establecer parámetros de comparación entre las opciones energéticas que se pueden planificar y establecer en otras latitudes y las de nuestra región.

POLÍTICA ENERGÉTICA

En un Congreso sobre Uso Racional de la Energía (Gonzalo G.E. y N.I.Escaño, 1986) hemos planteado algunas estrategias que podrían conducir a políticas adecuadas a la situación energética global, que acabamos de ver, y a las condiciones de nuestro país. Dichas estrategias estaban destinadas al campo específico de la edificación y otras a la generación de políticas generales. (Pérez J.C. y G.E.Gonzalo, 1986) En el trabajo global proponíamos la necesidad de considerar la utilización racional de la energía como una auténtica fuente de recursos energéticos capaz de alimentar, bajo ciertas condiciones, procesos de crecimiento económico mientras que la infraestructura tecnológica-industrial y edilicia se modifiquen en la dirección dictada por las restricciones en disponibilidad energética de nuestro país.

El uso racional de la energía, como fuente energética, comparte algunas características de ciertos recursos no convencionales, esto es: la contribución de esta fuente, no obstante su importancia, aparece altamente diluida y fuertemente dependiente de la conducta de los consumidores.

Se hace necesario entonces establecer metas concertadas para el aumento de la eficiencia en el consumo de energía para los distintos sectores productivos y esto será posible en la medida que:

a.- Se conozca de manera suficientemente aproximada el flujo de energía para cada sector en particular, con la relación producción-consumo para cada sub-sector.

b.- Se establezcan los potenciales de ahorro energético para cada sector sobre la base de diversas hipótesis de inversión en función conservacionista.

c.- Se encuentren claramente definidos los entes evaluadores y los sistemas de auditoría energética, para los distintos tipos de usuarios.

d.- Se cuente con instrumentos de promoción adecuados, tales como: ventajas crediticias, impositivas, tarifarias, etc.; para estimular las inversiones en sistemas para la racionalización de la energía.

El proceso mismo de definición de metas sectoriales y de la búsqueda de los acuerdos necesarios para lograrlas permitirá elevar el nivel de conciencia de importantes factores de la sociedad respecto a la cuestión energética.

Simultáneamente se pondrán en evidencia diversos condicionantes que han afectado crónicamente el desarrollo del país, y que deberán comprenderse, si se desea avanzar de manera consistente.

ENERGÍA EN LA EDIFICACIÓN

En cuanto a los aspectos que hacen al Uso Racional de la Energía (URE) en el área edilicia destacamos la importancia del rol del profesional de la construcción en cuanto a su acción proyectual urbanística y de edificios, que hace que en su área de decisión esté involucrado más del 50% del total de consumo energético del país. Sin embargo es muy poco lo que se realiza hasta ahora para calificar a los profesionales a fin de que puedan convertirse en decisores apropiados y guías sociales para el URE y la utilización de energías renovables en la edificación.

En general podríamos establecer que las bases para el URE y aprovechamientos energéticos renovables deben ser establecidos más como pautas para el diseño bioclimático de los edificios, que como una compleja metodología de cálculo, las cuales sí se utilizarían para la verificación de proyectos en los distintos organismos de actuación, mediante técnicas computacionales.

Los modelos adoptados para el URE por diversos países son muy variados, pero llevan todos como eje fundamental de acción la tarea de generar conciencia en la población sobre el problema energético y dar algunas guías muy simples para la aplicación masiva de medidas conservacionistas.

Las estrategias posibles para aplicar en este caso deberían estar dirigidas a dos niveles:

a.- Usuario: donde se deberán revertir los graves defectos educativos que sobre el tema tienen la mayoría de los habitantes del país. Esto se podrá lograr, entre otras soluciones, apelando a una fuerte campaña divulgativa adaptada a cada una de las regiones o provincias, a fin de considerar las distintas situaciones culturales, socio-económicas, productivas, etc.

Además habría que establecer que las unidades edilicias que se construyan, en principio a través de fondos públicos, deban entregarse provistas de un "Manual de uso y mantenimiento", similar a los que se ejecutan para automóviles, a fin de que los usuarios reciban una información ajustada sobre las acciones que deben tomar en función de la seguridad, salubridad, mantenimiento, etc., pero sobre todo las medidas que ayuden a un URE en su edificio.

Esto parte del supuesto de considerar a las viviendas y edificios como sistemas dinámicos que interactúan permanentemente con su medio ambiente de implantación, sistema que puede ser ajustado con la debida participación del usuario y que redunda en incuestionables ventajas económicas y de confort para el mismo. Estos manuales se podrían poner en práctica en forma inmediata para aquellas unidades de viviendas, escuelas, oficinas, etc. construidas a través de créditos de organismos estatales, debiéndose formular únicamente los contenidos mínimos que tendrían que contemplar.

b.- Organismos de actuación: en este nivel el accionar podría ser dirigido a tres áreas características:

b.1.- Organismos específicos: por ejemplo la Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda, Institutos Provinciales de Vivienda, Bancos, etc.

En esta área se deberían profundizar y ampliar las normas mínimas de habitabilidad, estableciendo metodologías de diseño y

cálculo que contemplen el balance energético de los edificios y no solamente algunos factores que hacen a la consideración del edificio como sistema estático frente a factores externos que son generalmente dinámicos. Es de aplicación inmediata para este sub-sector, como ya vimos, la generación de manuales para uso y mantenimiento de los edificios que realicen.

b.2.- Organismos provinciales y municipales: con respecto a este área podrían comenzarse con la utilización del material aportado por los organismos específicos, completando las normas y pautas, con guías didácticas y formación de recursos humanos adecuados a fin de lograr a corto plazo la factibilidad de su puesta en ejecución.

A este nivel se deberían estudiar ordenanzas que permitan premiar impositivamente a los proyectistas que contemplen en su diseño el URE y que la metodología de verificación demuestre como válidos, lo cual permitiría la difusión más rápida de estas estrategias al tener el incentivo económico y facilitar la actuación de auditores energéticos, cuyos costos de honorarios no deberían ser aportados por la obra en sí.

b.3.- Organismos de apoyo y control: se entiende por tales a aquellos que regulan la matrícula o asocian a los profesionales de actuación en el campo edilicio (Universidades, Consejos y Sociedades Profesionales, etc.). Estos organismos podrían permitir que se produzca una comunicación y aprendizaje fluido de las metodologías que se propongan y las ordenanzas que se aprueben, de modo que las líneas de acción marcadas por los otros niveles sean rápidamente entendidas y compartidas por los diseñadores.

Las bases indicadas contemplarían las pautas de diseño y uso adaptadas a las condiciones microclimáticas, socio-culturales, económicas, etc. de la zona de implantación y de los usuarios a los cuales debe servir. Los resultados de esta acción difusa podrían verse a corto plazo si se establece un adecuado nivel de comunicación entre los organismos estatales de acción y control edilicio, y aquellos que atienden a la investigación, desarrollo y formación de recursos humanos en ese campo.

Para que esto se haga realidad la sociedad debe adoptar medidas de apoyo que permitan llevar a la práctica las distintas propuestas indicadas y otras que surjan para otros campos de acción, siendo el balance final seguramente positivo para la sociedad ya que está suficientemente demostrado que es más barato y además conveniente para nuestro medio ambiente, efectuar medidas preventivas que concurrir luego a solucionar los problemas energéticos que sin duda se irán agravando en el futuro.

MEDIDAS PARA ECONOMIZAR ENERGÍA

Existen muchas maneras para ahorrar energía, tanto en edificios nuevos como existentes, que son sugeridas y aplicadas desde hace muchos años en la mayoría de los países del hemisferio norte. Algunas son de cumplimiento obligatorio, comparables en algunos aspectos a nuestras Normas IRAM; y otras, la mayoría, son sugerencias y guías que se informan al público mediante una difusión masiva. Indicaremos a continuación la síntesis de las principales medidas destinadas a economizar energía en los edificios, que surgen de las referencias indicadas y personales.

Si analizamos un caso personalmente documentado, referido a dos construcciones de similares características y superficie cubierta, destinados a oficinas, en el Estado de Oregon, EE.UU., podemos observar que en las primeras columnas se reflejan los valores de consumo energético del edificio construido según las normas edilicias del Estado, que son por cierto bastante estrictas en lo referido a aislamientos y perfección constructiva.

La segunda serie de columnas muestran los resultados de las mediciones tomadas en el edificio ¨Emerald People´s Utility District¨, construido por el Arq. John Reynolds, quién fuera profesor visitante de nuestra Universidad y especializado en Arquitectura Bioclimática, quién además de cumplir con las normas edilicias al igual que en el caso anterior, introdujo en el diseño una serie de pautas sobre soleamiento selectivo, ventilación e iluminación natural, estudio de masa térmica de la envolvente y combinación con los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire, uso adecuado de la vegetación y otras, que permiten bajar los consumos a la mitad.

Podemos cuantificar la importancia de este ahorro, ya que para un edificio de oficinas de aproximadamente 1.500 m^2, como el analizado, se lograría un ahorro anual de unos 12.000 dólares. Para edificios de nuestro medio, que son construidos sin ajustarse a normas relacionadas con el consumo energético, podemos esperar un ahorro mucho mayor.

Para el caso de una vivienda tipo FONAVI de los Valles Calchaquíes, Tucumán, según una comparación entre las construidas y las diseñadas conforme a estrategias bioclimáticas por nuestro equipo de trabajo, con solamente brindar una adecuada orientación, terminaciones y color de la envolvente, y un correcto ingreso solar en invierno para ganancia directa, permitiría un ahorro porcentual similar de energía al año.

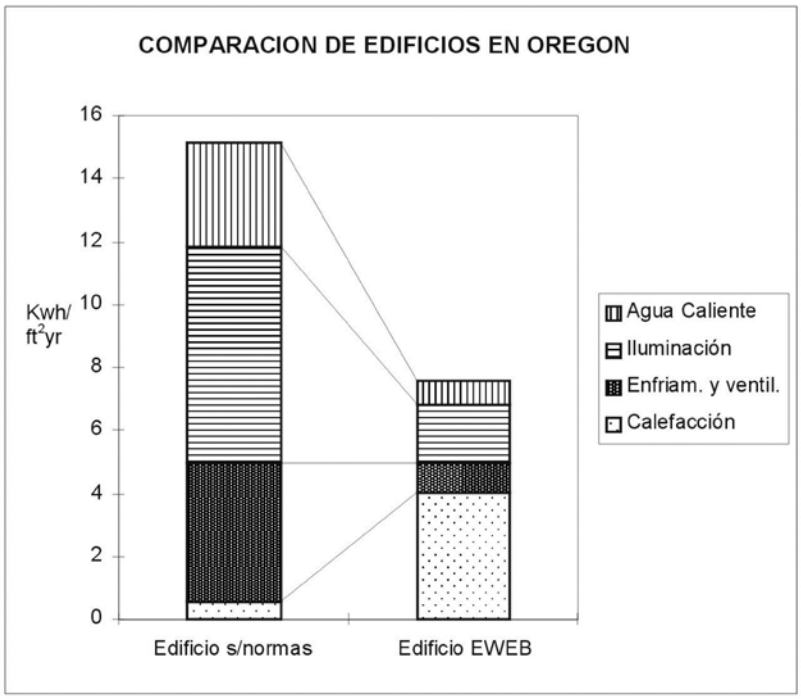


Fig.1.6. Edificios de oficinas de la compañía de agua y electricidad, EWEB, de USA. Consumos energéticos para un edificio construido según normas y otro según estrategias bioclimáticas y uso de energías renovables. (Reynolds J., 1994)

Estudios recientes, realizados en el marco del proyecto de investigación que se desarrollan en el CEEMA (Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente), nos muestran las perspectivas para nuestro medio, condiciones climáticas y características constructivas usuales, tomando como base evaluaciones realizadas sobre distintas tipologías de edificios (escolares, de oficinas, comerciales, universitarios, viviendas), así como para barrios de viviendas construidos por el estado y por empresas privadas.

Para el caso de tipologías de edificios, podemos ver en la siguiente figura que en edificios de escuelas, la energía que se necesitaría para mantener condiciones interiores de confort, durante el período escolar, es significativamente mayor a la que se está consumiendo, según los datos aportados por el ente provincial de regulación energética (EPRET), lo cual nos está indicando que en dichos edificios se realizan tareas bajo condiciones de inconfort térmico.

Esto sucede también en oficinas públicas.

Se hacen evidentes las diferencias entre los edificios públicos y los privados, salvo en el caso de sanatorios, que sería interesante compararlos con hospitales públicos, en donde por conocimiento empírico se estiman encontrar valores similares a las escuelas.

El costo social derivado del bajo rendimiento producido por trabajar o estudiar en condiciones inadecuadas, es un valor que nuestra sociedad todavía no evalúa.

En otros estudios realizados por nuestro grupo de investigación se midieron las condiciones lumínicas y de protección solar en estos tipos de edificios, encontrándose que comparten las malas cualidades térmicas aquí definidas.

Vemos que en el caso de bancos o supermercados, los consumos energéticos son muy superiores a los que se necesitarían para lograr el confort interno, derivado en muchos casos de un deficiente control térmico de la envolvente, cuya resolución constructiva responde más a condicionantes significativas que a las funcionales que deben cumplir.

Como todos nos damos cuenta, esto no es gratuito para la sociedad, ya que la misma termina pagando los costos de funcionamiento de las empresas, así como las inversiones que se deben realizar para incrementar la producción energética y su distribución.

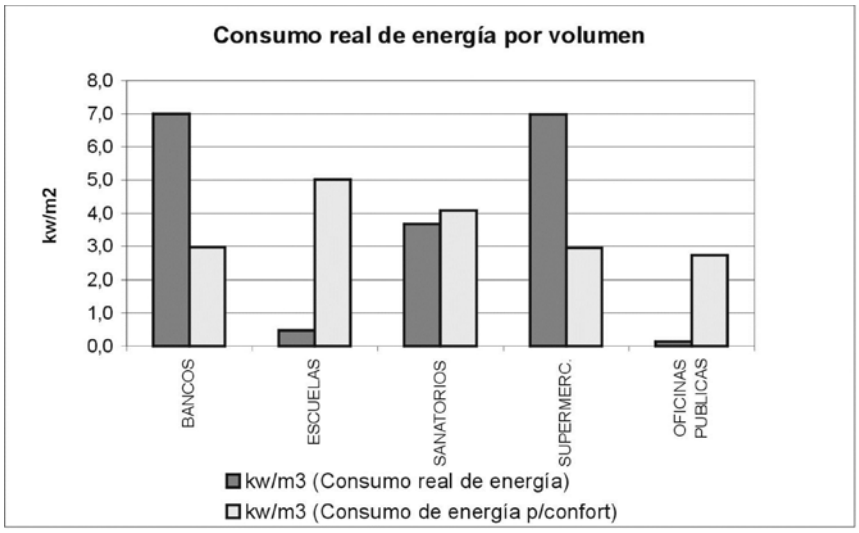


Fig.1.7 Comparación de consumos energéticos medidos y necesarios para el confort térmico, para distintos tipos de edificios, en la ciudad de S.M. Tucumán. (Gonzalo G.E.y V.Nota, 2000)

En la próxima figura, se muestran los resultados obtenidos mediante simulaciones (Gonzalo et al., 2000), para una vivienda de 100 m^2 y conforme al tipo de construcción habitual que se realiza en la ciudad de San Miguel de Tucumán, en operatorias bancarias oficiales y privadas, mediante créditos hipotecarios. Se considera una transmitancia térmica media de la envolvente equivalente a la realizada con un material de 25 Kg/m^3 de densidad aparente y una conductividad de 0,035 W/m.K (aislación provista por materiales como poliestireno expandido o lana de vidrio)

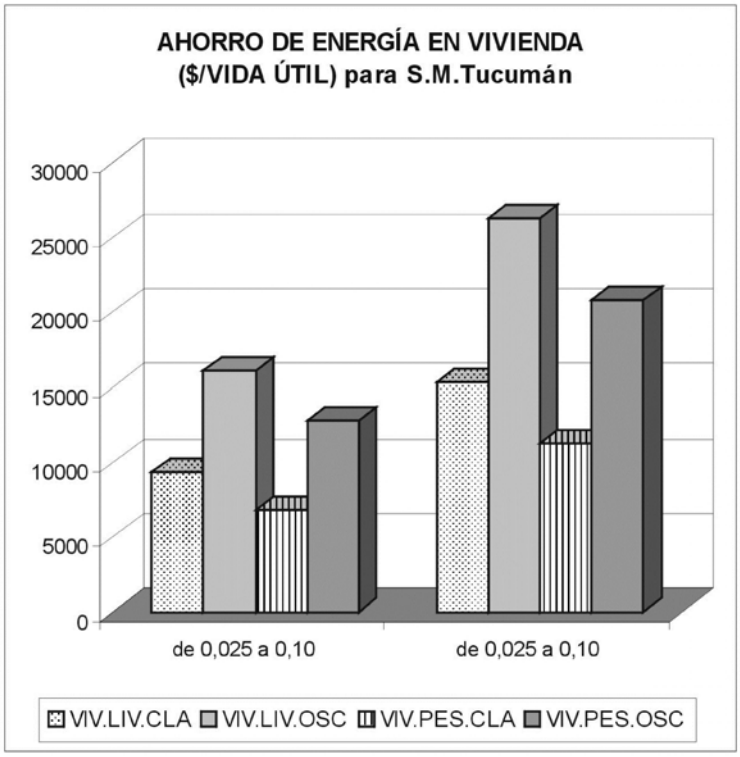


Fig.1. 8. Comparación de ahorros energéticos según aislación térmica equivalente, para viviendas livianas y pesadas, con color de la superficie exterior clara u oscura.

Se comparan los valores obtenidos para una vivienda con una aislación térmica que se utiliza habitualmente en la construcción de viviendas por el Estado, equivalente a 0,025 m de poliestireno expandido, y el ahorro producido con la utilización de 0,10 m.

Se considera el consumo energético para lograr el confort en verano e invierno, siendo la serie de la izquierda mediante el uso de ventiladores y estufas a gas natural, y la de la derecha con aire acondicionado.

Encontramos que las diferencias obtenidas entre esta situación y llevar el valor a espesores equivalentes de 0,10 m (K=<0,32 W/m^2 K), producirían significativos ahorros en el consumo energético que los usuarios deben pagar durante la vida útil de su vivienda, llegando en algunos casos a valores iguales o superiores al costo de la misma, o soportar el disconfort que se produce en el caso de no contar con recursos económicos para acondicionarla.

Estos incrementos son muchas veces menores al 3% del valor del edificio y, como se deriva del gráfico, la sola elección correcta del color de la envolvente puede representar ahorros energéticos superiores al 30%.

Para el cálculo se consideró solamente el ahorro energético, pudiendo ser significativamente mayor si se consideran patologías en los materiales, a las que conducen aislaciones deficientes, como las que traen aparejadas la condensación superficial o intersticial en invierno.

Si bien estas simulaciones se realizan sobre prototipos definidos teóricamente, tanto en su diseño como en su localización urbana, y además no contemplan al usuario, que es un factor muy importante para el control bioclimático de la vivienda, los resultados nos permiten tener una idea general sobre la magnitud del problema y la importancia que puede llegar a tener.

Esto es importante de destacar, debido a que normalmente ni el usuario ni el proyectista le otorgan la necesaria atención a este tema, y esto se produce porque los ahorros que se ven en el gráfico se obtienen luego de 40 años de uso de una vivienda. En caso de edificios comerciales e institucionales, los ahorros podrían ser mucho mayores.
Como vimos anteriormente, se podía definir el ahorro energético como una fuente no convencional de energía, en la medida en que permite el crecimiento sin el agregado de nuevas plantas productoras, siendo un ejemplo de este camino el citado en nuestro libro (Gonzalo G.E., 1990) en la costa oeste de los EE.UU., en donde un importante plan de racionalización energética en el ámbito doméstico, comercial e industrial permitía suplir la construcción de un dique o una usina termonuclear, con las consabidas ventajas para el medio ambiente que esto podría representar.

Aunque este plan tenía un costo relativo alto, la inversión de capital era mucho menor que las construcciones necesarias para suplir las necesidades crecientes de energía.

Si bien el desarrollo de un modelo que atienda a un determinado rubro o sector del consumo puede ser útil, entendemos que la planificación destinada a ahorrar energía o a conservarla para otros usos debe ser integral y contar con objetivos precisos y consensuados, ya que depende su éxito o fracaso de consumidores individuales que en su vivienda, su comercio, su fábrica, su oficina, su escuela, etc. deben tomar medidas, aplicar técnicas, modificar procesos, actuar de modo diferente al comportamiento habitual, etc.; y esto no se puede lograr mediante leyes o decretos de difícil control posterior.

ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Durante cientos de siglos la especie humana y como fenómeno particular y creciente, fue ampliando el control sobre los elementos naturales que la rodeaban con la finalidad básica de encontrar aquellos equilibrios que en un tiempo y espacio concretos le permitieran su desarrollo frente a las condicionantes que el medio natural y luego social le imponían. (Gonzalo G.E., 1988)

Desde el neolítico se concreta el paso de la especie humana a una forma social de convivencia y trabajo, formándose los primeros núcleos poblacionales de importancia y creciendo la estatura psicológica de este nuevo ser, que puede pensarse a sí mismo y cuya evolución posterior ya no serán tanto de cambios físicos en su estructura corporal para adaptarse al medio, cuanto la invención de tecnologías que modificando el medio le permitan desarrollarse.

A lo largo de treinta milenios la especie humana fue aprendiendo a relacionarse con la naturaleza y con sus congéneres y tratando de resolver las crisis que se le presentaban mediante diversas innovaciones y con la ayuda del nuevo mecanismo de transmisión de la información (la cultura, la tradición oral y luego escrita, fílmica y computacional), que permitía un mayor caudal de datos que los que los ácidos nucleicos podían transmitir en forma natural. (Gonzalo G.E. y otros, 1989)

Se llega a nuestro siglo donde, a diferencia de las crisis de crecimiento anteriores que llevaban implícita una calificación negativa (guerras y pestes, inundaciones y catástrofes climáticas, etc.), lo positivo del desarrollo de la especie se empieza a convertir en algo peligroso para su propia supervivencia (disminución de la mortalidad al ser más eficientes los mecanismos de control de las enfermedades, incremento de la natalidad, mayor nivel y expectativas en bienes y servicios por aumento de los recursos energéticos y alimentarios, además del explosivo salto en innovaciones de la tecnología, etc.)

Como dice D.Morris: "Y ahí tenemos a nuestro mono desnudo, vertical, cazador, fabricante de armas, territorial, neotérico, cerebral, primate por linaje y carnívoro por adopción, dispuesto a conquistar el mundo. Pero es un producto novísimo y experimental, y con frecuencia los modelos nuevos presentan imperfecciones. Sus principales agobios derivarán del hecho de que sus progresos culturales rebasarán a todos los progresos genéticos".

“Sus genes se quedarán rezagados y tendremos que recordar constantemente que, a pesar de todos sus éxitos en la adaptación al medio, sigue siendo, en el fondo, un mono desnudo". (Morris D., 1971)

Si bien se pueden encontrar grandes diferencias entre las soluciones tecnológicas que se disponen en el ámbito mundial en nuestros días, y aquellas de las primeras civilizaciones de regadío - entendiendo por tecnología el planteo de variaciones del ámbito natural con poca o ninguna modificación del cultural y moral - desde el punto de vista de las relaciones humanas el ethos social se mantiene con pocas variantes hasta nuestros días. Así lo expresa Luciano Tomassini, en el prólogo del libro "La Tercera Revolución Industrial", (RIAL, 1986) cuando dice: "la contradicción flagrante entre las potencialidades físicas de la revolución científico-tecnológica y la incapacidad de los sistemas (económicos-sociales) actualmente constituidos para encauzarlas en un sentido progresivo constituye, a nuestro juicio, el principal problema que enfrenta actualmente el desarrollo económico".

La agricultura de regadío generó una separación del individuo de la tribu y una civilización donde se hacía necesaria una división del trabajo en agricultores, soldados especializados, gobierno burocrático y clase sacerdotal que apuntalaban la hegemonía de la conducción central (lo que Munford llama "megamáquina social")

Esta estructura no sufrió grandes cambios aunque se fue perfeccionando a lo largo de los siglos en sus factores de uniformación, cuyo objetivo oculto es el de conseguir individuos despersonalizados que pudieran actuar como piezas de máquinas y dar respuestas predecibles, sumado a la especialización y concentración de los factores socioeconómicos y sobre todo tecnológicos que convirtieron a la clase científica-tecnológica en una nueva clase sacerdotal que frente al anterior sistema de gobierno central apuntalado por los dioses; llevará a un gobierno impersonal del "sistema", invisible, omnipresente y centralista.

Muy pocos saben o alcanzan a comprender la magnitud del problema desde el punto de vista de una ética social, donde: "las principales naciones del mundo invirtieron 2 billones y medio de dólares en el desarrollo de aviones destinados a fines militares en el curso de los 50 años que siguieron a la invención de los hermanos Wright. Esta suma equivale a 62 veces el valor de todo el oro del mundo". (Buckminster Fuller R., 1983). Y esto es sólo uno de los tantos ejemplos que podrían citarse al respecto.

Si en vez de la opción utilizada en forma prioritaria de relacionar permanentemente todos los problemas que se presentan con la economía del progreso material, como lo hacen y nos enseñan los medios de comunicación en forma ininterrumpida, lo hiciéramos con la economía de la calidad de vida, escaparíamos a la "cosificación" de la cultura y de la tecnología y se podrían producir los cambios que la humanidad está necesitando en forma urgente.

Para tomar un ejemplo, la enorme injusticia entre cientos de millones de personas que mueren de hambre y sociedades opulentas que destinan ingentes cantidades de recursos a bienes y servicios superfluos, por ejemplo en cosméticos o adelgazantes, sólo se entiende al considerar que a la mayor parte de la humanidad no le preocupa realmente este problema y una justificación posible es que podría no estar educada para hacerlo.

Así, el Papa Juan Pablo II en su discurso en la UNESCO en junio de 1980 decía que el futuro del hombre depende de la cultura y que la contribución individual que podía realizar cada agente cultural "se sitúa en el planteamiento correcto de los problemas a cuya solución consagran su servicio".

Por último, llega a un máximo la tendencia al gigantismo, nueva babel tecnológica, que la especialización y concentración demanda y en donde lo grande se convierte en sinónimo de adecuado y eficiente; y se olvida aquello que tan sabiamente lo planteara Ghandi: "En el proceso del trabajo, es decir, en el proceso de moldear y cambiar la naturaleza exterior a él, el hombre se moldea y cambia a sí mismo". (Ghandhi, 1974)

Llegamos entonces a un punto en donde no se pueden suponer innovaciones tecnológicas que en el corto plazo y sin riesgos puedan permitir que siga el crecimiento en la forma que lo planteábamos, sobre todo en una civilización que da sobradas muestras de no poder alcanzar un equilibrio en la producción y consumo de bienes y servicios y una convivencia pacífica.

Uno de los factores que más puede afectar al medio ambiente, y que de hecho vemos que lo afecta, es la solución que se plantee en definitiva a las crecientes necesidades energéticas y de insumos básicos. Esta, a nuestro criterio,

deberá pasar más por la formulación de nuevas formas de vida, pautas culturales distintas e integraciones ambientales y psicológicas a nivel planetario, que por innovaciones técnicas que sigan profundizando la línea de uniformización, concentración y maximización que la "Megamáquina Social" de Mumford o la "Cadena de Producción" de Ford requieren.

Pensamos con Teilhard de Chardin que: "Por muy lejos que la ciencia pueda empujar su descubrimiento del fuego esencial, por capaz que sea un día de modelar de nuevo y perfeccionar al elemento humano, siempre se encontrará al final encarada al mismo problema: ¿cómo podemos dar a todos y cada uno de estos elementos su valor último al agruparlos en la unidad de un todo organizado?...El fin de una "energética humana" es la ordenación de los pasos instintivos de la naturaleza, no cabiendo otra posibilidad que la de un universo irreversiblemente personalizante, capaz de contener a la persona humana". (Teilhard de Chardin P., 1984)

Aún contando con la posibilidad de que el descubrimiento de una tecnología eficiente de fusión nuclear controlada pueda proveer energía a plazos ilimitados, los otros factores enunciados y principalmente los humanos, sociales y ambientales, llevarían a un posible colapso.

El sistema educativo deberá desempeñar un rol preponderante en el desarrollo de la cosmovisión necesaria para comprender y actuar frente a estos problemas y ante el conjunto de innovaciones que la técnica actual plantea, sobre todo en el área de la energética, la informática y la biotecnología como generadoras de procesos y productos.

Al respecto Víctor Massuh dice: "No comprendo las causas, pero lamentablemente el creador argentino no es todavía el verdadero educador de su país... frente a la ausencia del creador como factor formativo de la comunidad, esta última queda a merced de una fuerza intermedia que elabora una pedagogía de reemplazo en la que influyen, con frecuencia, el miedo, la mediocridad, y los prejuicios: los tres enemigos del alma argentina. (Massuh V., 1982)

La uniformación de nuestro sistema educativo, tomada de la estructura productiva de la segunda revolución industrial, se realiza según una supuesta finalidad de racionalización y eficiencia y tratando de generar conceptos y verdades absolutas. Esto, sin embargo, dificulta y hasta elimina las posibilidades creativas para enfrentarse y dar solución a los problemas que tenemos actualmente.

Marvin Minsky refiriéndose a este tema opina que: "poco es el bien que han producido alguna vez los intentos de vincular aquello que creemos, con nuestros ideales de verdades absolutas. Siempre anhelamos la certidumbre, pero lo único que está fuera de toda discusión es que siempre hay lugar para la duda. Y ella no es un enemigo que restringe lo que sabemos, el verdadero peligro para el crecimiento mental es el antídoto de la duda: la fe perfecta". (Minsky M., 1987)

Y Erich Fromm se refiere a lo que estamos tratando, dando un nuevo significado a la palabra igualdad, cuando dice: "En la sociedad capitalista contemporánea, el significado del término igualdad se ha transformado. Por él se entiende la igualdad de los autómatas, de hombres que han perdido su individualidad. Hoy en día, igualdad significa "identidad" antes que "unidad". Es la identidad de las abstracciones, de los hombres que trabajan en los mismos empleos, que tienen idénticas diversiones, que leen los mismos periódicos, que tienen idénticos pensamientos e ideas". (Fromm E., 1970)

El ser humano, que ha tendido a centralizarse y separarse de la naturaleza a medida que se extendía su desarrollo de la conciencia y veía el logro paulatino de poder pensarse a sí mismo, llegó a un desarrollo lineal en los milenios de su crecimiento evolutivo a un punto en donde, y precisamente por el afianzamiento de la conciencia supraindividual, puede alcanzar la comprensión de que su ubicación dentro del universo involucra una continuidad cósmica tendiente a un perfeccionamiento personal creciente.

Los sucesivos aportes de Copérnico, Darwin, Freud, Teilhard de Chardin, Einstein y otros, permitieron ir racionalizando la continuidad del universo, de la especie humana, de la conciencia individual y cósmica, así como del espacio-tiempo, colocándonos en un punto donde se hace necesario e imprescindible una integración profunda, preocupada más por la finalidad trascendente de una conciencia transgeneracional y planetaria que de un desarrollo mezquino, basado en un racionalismo individualista, como centro del universo.

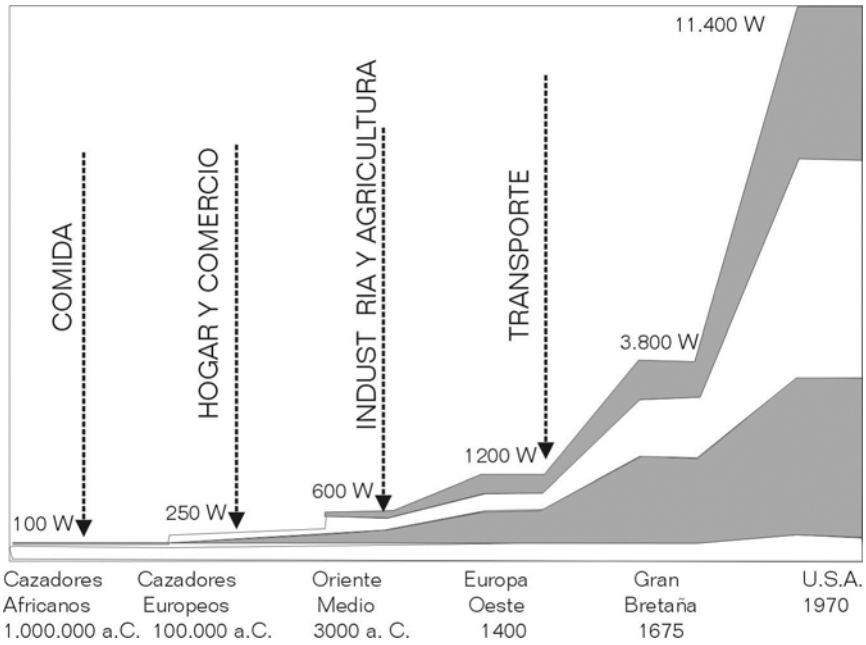


Fig. 1.9. Consumo de energía en vatios por habitante y según etapas de la evolución humana. Existen muchas localidades rurales en nuestro país cuyo nivel de consumo está por debajo del calculado para el Oriente Medio (5000 a.C.). Mientras el consumo per cápita de un habitante de los EE.UU. era de 11.400 W y el promedio de las naciones industrializadas superior a 4.000 W, en las naciones no industrializadas apenas superaba los 700 W. (Rev.Int.Luminotecnia, 1976)

La Agencia Internacional de Energía, expresaba ya en 1987 la necesidad creciente de relacionar los planteos energéticos con los ambientales ya que: "casi todas las actividades de producción, conversión, transporte y consumo de energía pueden tener efectos negativos en el medio ambiente". (IEA, 1988). Esta relación se hizo cada vez más evidente, a pesar de los ingentes esfuerzos y dineros invertidos por las empresas multinacionales que decían que los planteos que se hacían eran exagerados.

Es destacable el esfuerzo de prospección que están realizando algunos organismos y centros de investigación en el ámbito mundial para poder determinar estos efectos y diseñar las soluciones adecuadas en función del menor deterioro posible del medio ambiente.

Asimismo las actividades de grupos no gubernamentales que efectúan un control y una difusión educativa y formadora de opinión permanente, sobre los problemas que presentan las opciones energéticas, y que muchas veces llevan al replanteo de soluciones o a la eliminación de políticas energéticas que podrían ser peligrosas a mediano o largo plazo. Llegar al planteo de opciones múltiples y de bajo riesgo para el medio ambiente es una necesidad evidente, no sólo para estas sociedades desarrolladas sino también y quizá con mayor énfasis para sociedades en desarrollo. En éstas últimas es mucho más difícil corregir los errores cometidos en los planteos energéticos, cuando deterioran o tienen una influencia negativa sobre la calidad de vida de los habitantes y el medio ambiente.

TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS APROPIADAS

El saber científico y los desarrollos tecnológicos que emanan de nuestras creencias actuales, reforzadas por nuestro sistema educativo, conducen a una "fragmentación casi esquizofrénica,... cada vez más aberrante que tiende a contaminar todo el cuerpo social". (François Ch., 1977)

En el campo de la energía se están manteniendo en el mundo tecnologías energéticas muy peligrosas, de alto costo y hasta motivadoras de angustia y rechazo social, sólo por aquello de mantener la concentración y maximización y relacionado también con poderosos intereses económicos.

Lo paradójico es que cuando las sociedades desarrolladas comprenden y actúan sobre éstas tecnologías inapropiadas, son las

sociedades en desarrollo las que terminan siendo campo fértil para el surgimiento de aquellas técnicas conflictivas.

Si el sol, la tierra, el viento, el agua y el mundo total de la naturaleza se integraran a nuestras vidas y tecnologías en cuanto a la supervivencia humana apropiada, los lazos que unen al hombre entre sí y con su medio experimentarían un cambio revolucionario. Los nuevos procedimientos y equipamientos que surjan al encarar la tecnología de esta forma podrían diseñarse, en gran parte de los casos, de modo que puedan ser accesibles a la mayoría y que apoyen la labor creativa del ser humano.

Las sociedades en desarrollo pueden realizar más fácilmente que las desarrolladas los cambios necesarios para superar el modelo de sociedad consumidora y sometida a todo tipo de tentaciones, impuestas en gran medida por los excedentes de las naciones desarrolladas y llegar a la sociedad de desarrollo autónomo, participativa y de irradiación espiritual planetaria. Pueden configurar el laboratorio de una experiencia globalizadora de integración, no sólo ecológica sino también psicológica del hombre con la naturaleza y los otros seres humanos.

El cambio de finalidad podría conducir a que se desarrollen nuevas tecnologías que sean apropiadas para su utilización a pequeña escala, dejando al campo de la informática y de las comunicaciones la resolución de los problemas de control de gestión y actuación en tiempo real que algunos procesos requieren.

La diversidad de situaciones que genera el accionar humano, por el contrario, tienden a ser artificialmente simplificadas a los efectos de su manejo conducente a la permanencia. Esto colabora por una parte con los controles sociales, pero dificulta la creación de interacciones e innovaciones sociales y técnicas que puedan facilitar los cambios y mejorar la calidad de vida.

Además, como vimos, se debe ampliar el criterio con que se analiza y juzga el valor económico de una acción y pasar del mero beneficio monetario a una concepción lo más integral posible, que involucre no sólo al tenedor o administrador de los bienes en cuanto poseedor, sino también en cuanto a ser en sí mismo y en relación con su medio material y social. Esto podría llevar a que la propia sociedad establezca claramente y de modo consensual fines y medios para arribar a estos fines, con una distinción precisa que permita preservar en todo momento el más alto grado de coherencia y responsabilidad en las acciones que se encaren.

Seguir con el modelo actual, si es que existe realmente un modelo propio, nos conducirá con seguridad a lo expresado por el economista "alternativo" E.F. Schumacher, cuando dice:

"*Uno de los más funestos errores de nuestra época consiste en creer que el problema de la producción se ha resuelto. Esta ilusión se debe principalmente a nuestra incapacidad para reconocer que el sistema industrial moderno, con toda su sofisticación intelectual, consume las bases mismas sobre las cuales se ha levantado. Para usar el lenguaje de los economistas, el Sistema vive de Capital irreemplazable al que alegremente se lo considera una renta. Especifiqué tres categorías para tal capital; los combustibles fósiles, los márgenes de tolerancia de la naturaleza y la sustancia humana.*"

"*Hay optimistas que proclaman que todos los problemas tienen solución, que las crisis del mundo moderno no son más que problemas de principiantes en el camino hacia una opulenta madurez. Hay pesimistas que hablan de una inevitable catástrofe".*

"Lo que necesitamos son optimistas que estén totalmente convencidos que la catástrofe es ciertamente inevitable salvo que nos acordemos de nosotros mismos, que recordemos quienes somos: una gente peculiar destinada a disfrutar de salud, belleza y permanencia; dotada de enormes dones creativos y capaz de desarrollar un sistema económico tal que la gente esté en el primer lugar y la provisión de mercancías en el segundo. La provisión de mercancías, sin duda, se cuidará entonces por sí misma". (Schumacher E.F., 1984)

Se deberá aprender a aceptar la escasez e incluso una rigurosa austeridad si queremos vivir en armonía con la naturaleza. Por supuesto que esta escasez será entendida conforme al marco ético que la sociedad determine y más que la opción de si crecer o no, se deberá definir para qué y cómo crecer.

Estos análisis deben hacerse en conjunto con las personas afectadas y se debe orientar el proceso de constitución de estas sociedades a través de un diseño participativo, tal como el que se denomina: "nueva artesanía acelerada", en donde el diseño "por su misma estructura reencuentra la base social que tenía en los sistemas artesanales". (Bohigas O., 1980)

Este enfoque de la planificación del hábitat, tendiente a construir una comunidad de personas, es decir, un medio ambiente materializado que ayude al ser humano a crecer personalmente y socialmente, en una verdadera gestión promocional, encuentra grandes limitaciones económicas y carencias de diversos tipos y por lo tanto es fundamental:

El número: cuando mayor número de pequeñeces se unan, tanto más grande resultará la eficacia y la solidez del grupo.

La organización: el número debe estar limitado y coordinado por la capacidad organizadora del grupo intermedio.

El espíritu: el número y la organización pueden dar la eficacia. Pero la solidez, permanencia e integración interna tan sólo se logran a través de un "espíritu de solidaridad y bien común". (Villalobos P.W., 1979)

Resumiendo:

Organización + Espíritu – Número = Intrascendencia

Número + Espíritu – Organización = Desastre

Número + Organización – Espíritu = Sociedad Anónima

Número + Organización + Espíritu = Comunidad Eficiente

En general podemos decir que cualquier tecnología puede ser inapropiada, a pesar de lo deslumbrados que nos pueda dejar a primera vista, si se utiliza sin modificaciones en un ambiente físico o sociocultural diferente de aquel para el que fue diseñada. Es necesario el desarrollo y la utilización de tecnologías que sean adaptables a las necesidades y posibilidades locales y que puedan maximizar el uso de mano de obra y de los recursos de la zona en donde se va a utilizar.

La adaptación de los recursos que el hombre tiene a su alcance, para crear técnicas y herramientas que estén acordes con las circunstancias particulares de aplicación, genera el desarrollo de Tecnologías Apropiadas.

Aunque los programas de desarrollo han obtenido cierto éxito desde el punto de vista de crecimiento económico y de producción, son muchos los ejemplos donde también han generado ciertos efectos negativos.

Se corren menos riesgos con estos efectos mediante la utilización de tecnologías apropiadas, las cuales generalmente usan procesos y equipos de bajo costo, mano de obra intensiva y de pequeña escala, uso de las fuentes de energías locales y renovables, y se caracterizan por su simplicidad, facilidad de mantenimiento y costos mínimos de operación. (Gonzalo G.E., 1983)

ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

La creciente urbanización que experimenta el planeta luego de la revolución industrial, convierte muchas veces a las mismas ciudades en uno de los principales elementos de riesgo para el medio ambiente y para el desarrollo y bienestar de sus habitantes.

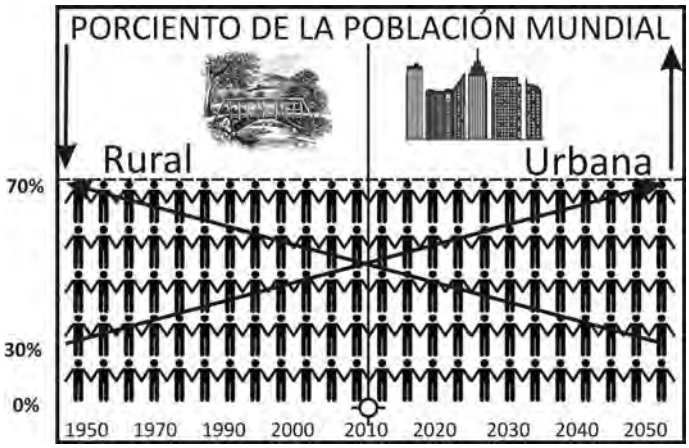


Fig.1.10. Porciento de la Población Mundial Rural/Urbana. En la figura, basada en datos de: United Nations (http.//esa.un.org/unup/p2k0data.asp)

Vemos en el gráfico que sólo medio siglo se pasa de un 70% de población rural, a un 50% en el 2010, previendo el estudio realizado que se va a invertir la relación 70-30 para el año 2050, con la importancia arquitectónica y urbanística que va a tener esta situación.

Y esto se produce porque los encargados tanto del control de la ciudad como sistema urbano y aquellos que se ocupan del diseño de los edificios no actúan según un enfoque holístico en cuanto a las interacciones que se producen entre el medio construido, el hombre y el medio ambiente de implantación. Se asumen algunos valores parciales y normalmente se descarga la responsabilidad sobre los efectos adversos de otros en toda la sociedad.

Solo para dar un ejemplo consideremos el caso de concentraciones de edificios cuyas envolventes no están diseñadas conforme a las características climáticas del lugar donde se construyen y que luego obliga a enormes inversiones en el campo energético para resolver los problemas de bienestar interno de los mismos.

El seguimiento de las pautas de desarrollo y los modelos que nos sugieren otras sociedades, y que se entienden provocarían una justa distribución de bienes y servicios para todos, ya está suficientemente demostrado como utópico: ya que lo que se logra habitualmente es generar mayores desigualdades e incluso provocar falsas necesidades a regiones ecológicamente estables.

Así lo entiende J.Aleman cuando dice: "La postmodernidad... va en contra del progreso, porque lo que en verdad progresa son los objetos técnicos. Desde el punto de vista de los vínculos sociales no sólo no hubo progreso sino que hubo destrucción. Incluso se ha destruido el elemento organizador de estos vínculos, que es el trabajo". (Aleman J., 1997)

Entre otras acciones se puede pensar en la modificación de la uniformación por una creciente estructura participativa y personalizante a todo nivel de decisión: pasar de técnicas autoritarias y centralizantes a una reglamentación institucional que facilite la intervención local difusa, a las asociaciones a pequeña escala e interactuantes, apoyar el entendimiento de una relación de no-dominación entre los hombres y con su medio mediante una fuerte divulgación educativa, pasando de una sociedad mercantil y ultra competitiva a una sociedad cooperativa e inter productora, con beneficios a largo plazo y concertados en vez de inmediatos e individuales.

Se debe generar una nueva arquitectura en donde el sol, la tierra, el viento, el agua y el mundo total de la naturaleza se integren de modo armonioso con la vida y la tecnología, ayudando a que los lazos que unen a los hombres entre sí y con su medio experimenten un real cambio cualitativo, y no solo cuantitativo como es el caso actual.

La arquitectura bioclimática, que tiende a lograr estos objetivos en cuanto al uso racional de la energía y la utilización de fuentes renovables, plantea una nueva manera de concebir el hábitat y en general una tendencia a un nuevo tipo de vida y de sociedad, adecuados al sitio y al clima, con desarrollo de tecnologías y procedimientos respetuosos de los bienes naturales que la sociedad posee e integradas a esquemas que contemplen estos cambios a largo plazo.

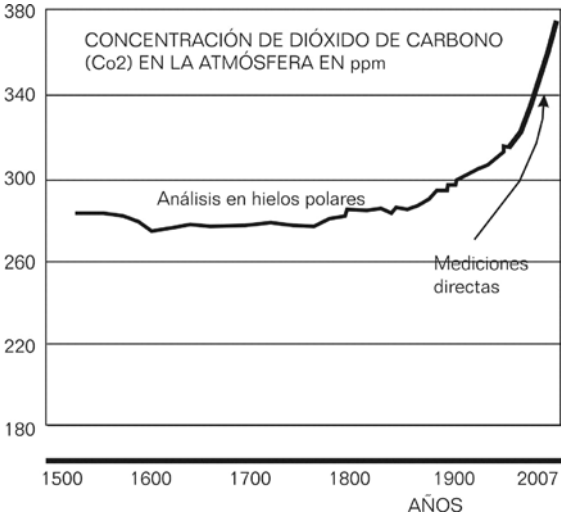


Fig.1.11.Tendencias históricas en concentraciones de CO_2. (UNEP, 2008).

Mediante el diseño bioclimático se trata de integrar la forma, la materia y la energía, y éste es el gran desafío que la actual situación plantea al proyectista y al encargado de definir políticas y controlar el área edilicia, ya que ahora él debe hacer esta integración que antes era tratada en forma separada por especialistas de distintos campos del conocimiento o directamente no se consideraba.

En síntesis, el camino hacia una producción y uso racional de la energía debe llevarnos no sólo a innovaciones tecnológicas en el campo de las nuevas fuentes energéticas, sino a una ética y cultura apropiada y personalizante.

La nueva arquitectura y desarrollo urbano y rural que debemos empezar a definir y pautar según el enfoque integral propuesto, debe ser en sí mismo aleccionador y educativo en cuanto a proponer que la relación entre el Medio Ambiente, el hombre y la Arquitectura se convierta en un sistema de diseño integrado tendiente al bienestar, la seguridad, la libertad y el progreso de todos los hombres; en y con un ambiente interactuante protegido de la contaminación y con un equilibrado aprovechamiento de los recursos naturales.

Uno de los últimos documentos del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (Directiva 2002/91/CE) sobre el rendimiento energético en los edificios, establece propuestas para que se vayan cumplimentando en todos los países que forman dicha Unión. Sería interesante pensar lo mismo sobre nuestra posible Unión Latino

Americana o bien sobre el MERCOSUR, países con los que compartimos problemáticas similares.

La Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD, 2002/91/CE) establece los requisitos mínimos que los Estados miembros deben hacer cumplir en relación con la eficiencia energética de edificios de nueva construcción y de grandes edificios ya existentes que se sometan a reformas importantes. También establece requisitos sobre la certificación energética de los edificios y sobre la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado.

Consideran como base para formular esta Directiva que: El sector de la vivienda y de los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40 % del consumo final de energía en la Comunidad y se encuentra en fase de expansión, tendencia que previsiblemente hará aumentar el consumo de energía y, por lo tanto, las emisiones de dióxido de carbono.

Las medidas para fomentar la mejora de la eficiencia energética de los edificios deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales, así como el entorno ambiental interior y la relación coste-eficacia. Dichas medidas no deben contravenir otros requisitos esenciales aplicables a los edificios, tales como la accesibilidad, la prudencia y la utilización a que se destine el edificio.

Los Estados también podrán recurrir a otros instrumentos o medidas no previstos en la presente Directiva para estimular una mayor eficiencia energética. Los Estados miembros deben alentar la buena gestión energética teniendo presente la intensidad de uso de los edificios.

En los últimos años se ha observado un aumento del número de sistemas de aire acondicionado en los países europeos meridionales.

Esto da lugar a problemas importantes en las horas de máxima sobrecarga, aumentando el coste de la electricidad y perturbando el balance energético de esos países.

Debe darse prioridad a estrategias que mejoren el rendimiento térmico de los edificios durante el verano. Para ello debe propiciarse el desarrollo de técnicas de enfriamiento pasivo, fundamentalmente las que mejoran las condiciones ambientales interiores y el microclima alrededor de los edificios.

La facturación a los ocupantes de los edificios de los gastos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, calculados en proporción al consumo real, podría contribuir al ahorro de energía en el sector de la vivienda. Los usuarios deben poder regular su propio consumo de calefacción y agua caliente sanitaria siempre que las disposiciones adoptadas a tal fin sean rentables.

El objetivo de la presente Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.

La presente Directiva establece requisitos en relación con:

a. Establecimiento de un marco general con arreglo al cual se creará una metodología común que servirá para calcular el rendimiento energético integrado de los edificios.

b. Aplicación de unas normas mínimas de rendimiento energético en edificios nuevos y en algunos edificios existentes, cuando se proceda a su reforma.

c. Sistemas de certificación de edificios nuevos y existentes, establecidos sobre la base de las normas mencionadas, y exhibición en edificios públicos o en edificios frecuentados por el público de los certificados energéticos correspondientes, así como de las temperaturas interiores recomendadas y de otros factores climáticos pertinentes.

d. Inspección y evaluación específicas de calderas e instalaciones de calefacción y refrigeración.

El mismo documento indica que la pérdida media de calor en los edificios nuevos de la UE es en la actualidad aproximadamente la mitad de la de las viviendas anteriores a 1945 (55 W/m^2 contra 100 W/m^2). La energía total utilizada en las viviendas nuevas supone un 60% de la consumida en las antiguas.

Una normativa que hiciera más estrictas las normas en materia de aislamiento térmico y aumentara el rendimiento de las instalaciones de los edificios existentes, adaptándolas a las reglamentaciones actuales, permitiría sacar partido de este gran potencial de ahorro, por lo que se presenta como una posibilidad de gran interés y, en muchos casos, de alto nivel de eficacia en el coste. Concluye el documento con un articulado específico, de donde destacamos:

Los edificios tienen una gran incidencia en el consumo de energía a largo plazo, por lo que todos los nuevos edificios deberían cumplir unas normas mínimas de rendimiento energético adaptadas a las condiciones climáticas locales. Como en general no se aprovecha el potencial que ofrece la utilización de fuentes de energía alternativas, es conveniente realizar un estudio de viabilidad de tales sistemas en los nuevos edificios de unas ciertas dimensiones.

Debe considerarse que la reforma de los edificios existentes de unas ciertas dimensiones es una buena oportunidad de tomar medidas eficaces en el coste para aumentar su rendimiento energético.

La certificación energética de los edificios en el momento de su construcción, venta o alquiler, ofrecería una información objetiva del rendimiento energético de los mismos y contribuiría a aumentar la transparencia del mercado inmobiliario y a fomentar la inversión en ahorro energético.

Debería también facilitar la utilización de incentivos. Los edificios administrativos y los frecuentados habitualmente por el público deberían servir de ejemplo a la hora de atender a factores medioambientales y energéticos y, en consecuencia, deberían ser objetos de certificación de forma regular.

Debe promoverse la difusión entre el público de esta información sobre el rendimiento energético merced a la exhibición de forma destacada de los citados certificados. Es conveniente asimismo mostrar las temperaturas interiores oficialmente recomendadas, junto con las temperaturas realmente registradas, con el fin de prevenir contra la mala utilización de los sistemas de calefacción, aire acondicionado y ventilación.

Ello contribuiría a evitar el gasto innecesario de energía manteniendo unas condiciones climáticas interiores adecuadas (confort térmico), en función de las temperaturas exteriores.

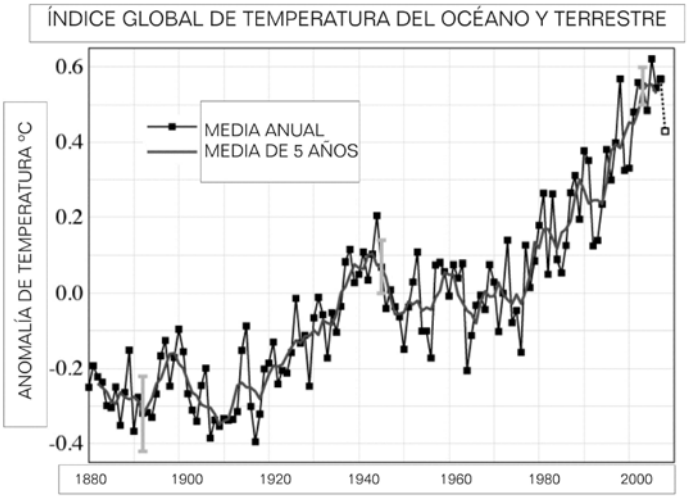


Fig.1.12. Incremento de temperatura media en la superficie de la tierra, fenómeno conocido como "calentamiento global". (GISS Surface Temperature Analysis, 2008)

Además de a los edificios en sí mismos, los criterios de eficiencia energética deben aplicarse también a los productos de la construcción. Eso quiere decir que los constructores y contratistas deberían utilizar más productos susceptibles de ahorrar energía que en la actualidad. También deberían considerar en forma integral la eficiencia en todos los aspectos que hacen al confort de los edificios: calefacción, iluminación, refrigeración, ubicación y orientación.

El despegue del sector de la construcción sostenible está abriendo oportunidades comerciales a muchas empresas que desarrollan nuevas tecnologías, y está creando empleo de alta calidad a escala local.

Es preciso mejorar la eficiencia energética de los edificios comerciales. Para las PYME, trabajar en un edificio que utiliza la energía de forma más eficiente puede suponer importantes ahorros en las facturas energéticas.

Otro beneficio indirecto que, no obstante, está ganando en importancia, es la buena imagen que obtienen las empresas que toman medidas para ser más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

El Intergovernmental Panel on Climate Change 2000, establecía algunas estrategias

principales, aclarando que las mismas dependían del clima, de la distribución urbana y rural y del contexto histórico:

"Acciones efectivas para la transferencia de estas estrategias incluyen:

1. Otorgar incentivos gubernamentales para la construcción de viviendas más eficientes energéticamente y con mayor respeto ambiental.

2. Establecer códigos de edificación y pautas de diseño, así como exigencias para el equipamiento, desarrollados en acuerdo con la industria, para minimizar los impactos adversos en la producción.

3. Promover el etiquetado de los productos de consumo, con referencias al consumo energético e impacto ambiental que producen.

4. Realizar programas gubernamentales para la ejecución de edificios, equipamiento de oficinas y otros equipamientos, con mayor eficiencia energética y ambiental.

5. Promover programas para iluminación y equipamientos más eficientes.

6. Promover la investigación y desarrollo de productos en el sector edilicio, que contemplen las prioridades de la comunidad.

Para la industria, las auditorías energéticas son las estrategias más adecuadas para obtener resultados, mayor que las campañas publicitarias.

Los industriales que han realizado los cambios indicados en las auditorías, han reducido su consumo en electricidad del 2 al 8%, con elevados ahorros, mejor mercadeo, repetición de consultas y obtención de incentivos financieros para implementar las medidas recomendadas.

Con respecto al uso de la energía, los programas de información al consumidor han probado ser muy eficientes, asistiendo al usuario para comprender el empleo de las tecnologías y prácticas más eficientes, desde el punto de vista energético.

Estos programas tienden a incrementar la atención de los consumidores en los aspectos energéticos, su aceptación y uso de tecnologías adecuadas. Ejemplos de estos programas incluyen folletos educativos, teléfonos gratis para consultas, videos, asistencia para el diseño, auditorías y programas de etiquetado con el rendimiento energético en los equipos para edificios".

Ibarra A. B. y R. Sánchez Sosa (2002), plantean para América Latina y el Caribe: "La situación energética de la región hace posible recomendar los siguientes puntos generales respecto de las prioridades de la política energética regional y su contribución a los esfuerzos por mitigar el cambio climático global:

1) Modificar la tendencia de la trayectoria de intensidad energética regional, a través de políticas que promuevan avances en la eficiencia energética, las que tendrían repercusiones positivas sobre la calidad ambiental local.

2) Mejorar la diversificación de la oferta energética, evaluando el potencial de fuentes convencionales y otras fuentes renovables de energía, incluidas la geotermia, la biomasa, la energía solar y la energía eólica, entre otras que han sido poco desarrolladas en la región.

3) Establecer sinergias de largo plazo entre las políticas energéticas de la región y las políticas ambientales, para orientar sus objetivos tanto a lograr avances en la eficiencia energética como en la aplicación de nuevas tecnologías limpias.

4) Promover estrategias integradas que rindan beneficios económicos derivados de la eficiencia energética, la reducción de la contaminación, la conservación de las reservas de combustibles fósiles, la atención a demandas sociales y el abatimiento de los rezagos y que, además, puedan contribuir a la mitigación del cambio climático".

ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE DISEÑO DE EDIFICIOS CON USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

El Acondicionamiento Ambiental, según nuestro enfoque, tratará entonces de establecer una adecuación de una temática eminentemente técnica y fundamentalmente física, a las pautas y normas generales que establecen los proyectistas cuando tienen que hacer interactuar una gran cantidad de elementos complejos, dentro de un sistema que es el proyecto y la obra de arquitectura.

Al diseño bioclimático y sustentable, complementado con las instalaciones para el Acondicionamiento Ambiental las vemos como un proceso de relaciones, relaciones primero entre clima, hábitat y el hombre, luego las relaciones de materiales y disposiciones constructivas, relaciones con el apoyo de energía renovables que pueden tener estas instalaciones, el diseño de la distribución de

los fluidos y la elección apropiada del equipamiento.

Tomamos de Zevi (Zevi B., 1969) dos definiciones dadas por otros autores, en donde el arquitecto es "Arquitecton" que en la traducción sería embrollón o el que tiene que atender embrollos, (se cree que la primera vez que surge la palabra, fue en Plauto en el siglo II antes de Cristo) dando una imagen de la complejidad de nuestra disciplina, de nuestro servicio hacia la sociedad.

Por otra parte, Philibert de l'Orme decía: "sería mucho mejor que el arquitecto se equivocase en la ornamentación de las columnas, en las medidas y en las fachadas que en aquellas reglas fundamentales de la naturaleza que atienden a la comodidad, al uso y al buen manejo de los habitantes. La decoración, la belleza y el enriquecimiento de la vivienda sirven solo para satisfacer a los ojos pero no aportan ninguna utilidad a la salud y a la vida humana".

Aunque vemos que es un poco extrema la última definición, ya que la consideración de los factores psicológicos y culturales también contribuyen al confort integral del ser humano, lo que sí puntualizamos aquí es que no se debe descuidar la armonía que la obra debe tener con la naturaleza, por atender solamente a los principios de decoración, belleza y enriquecimiento de la vivienda.

Entonces distinguimos pautas culturales, psicológicas y significativas que actuarán en conjunto con dicho concepto de belleza, enriquecimiento de la vivienda y decoración, y por otra parte, pautas funcionales y técnicas que deben ser integradas con las otras pautas, para lograr la integración que tratamos de lograr cuando hacemos las obras de arquitectura.

Según lo visto, el Acondicionamiento Ambiental significará la consideración de los aspectos funcionales y técnicos que deben ser integrados de manera armoniosa con los aspectos culturales, psicológicos y significativos para lograr que toda la obra funcione unívocamente hacia un fin que es el confort integral del ser humano que habita los espacios interiores y exteriores que se diseñen.

REFERENCIAS

• Aleman J. (1997) Congreso Argentino de Psicología, Tucumán.

• Andreta E. (1998) “The role of new and renewable energies in the European Union´s Fifth Framework Programme for Research and Development”, en Renewable Energy 15, Pergamon, pp.10 a 15.

• (BMWi) (2008). “Energía Solar. Técnica” Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie http://www.bmwi.de/ [Consulta: 26/12/2008]

• Bohigas O. (1980) "Crisis del diseño, entre el método y la participación", Rev.Summa 147, Mar.1980, Buenos Aires, p.78-79.

• Buckminster Fuller R. (1983) "Educación, Tecnología y Futuro", Ed.Aragón, Buenos Aires.

• (Directiva 2002/91/CE), Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (2002) Bruselas.

• DOE/S–0124, (1998). National Energy Policy Plan Pursuant to Section 801 of the Department of Energy Organization Act. Washington, D.C.

• EREN News, (24/11/1999): “La vivienda promedio en USA consumió en 1997 un 27% menos de energía que la misma en 1978, según la DOE´s Energy Information Administration.

• Europa, (2008). Actividades de la Unión Europea, síntesis de la legislación, en Web: http://europa.eu/scadplus/leg/es/s14003.htm. [Consulta el 25/12/2008)

• François Ch. (1977) "La noción de sistema global" e "Introducción a la prospectiva", Ed.Pleamar, Buenos Aires.

• Fromm E. (1970) "El arte de amar", Paidós, Buenos Aires.

• Gandhi (1974) "Todos los hombres son hermanos", Ed.Sígueme, Madrid.

• García Silva M., (1986) “Las alternativas energéticas entre el alza y el descenso de los precios del petróleo”, en RIAL, Anuario 1986, “La tercera revolución industrial”,Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires.

• GISS Surface Temperature Analysis. NASA (2008), http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2008/ [Consulta: 28/12/2008] Global Temperature Trends: 2008 Meteorological Year Summation

• Gonzalo G.E. et al. (2000) “Evaluación energética y económica del uso de aislación térmica en viviendas”, International Conference on Comfort and Thermal Performance of Buildings. COTEDI-2000, Venezuela.

• Gonzalo G.E. (1999) “Recursos renovables, opción para el nuevo milenio”, en Revista Asades´99, XXII Reunión ASADES, Tucumán.

• Gonzalo G.E. y V. M. Nota (1999) "Determinación de índices de consumos de energía para distintas funciones edilicias en el área de S.M. de Tucumán", Revista Avances en energías renovables y medio ambiente, Vol.3, N°2, Salta.

• Gonzalo G.E.(1990) "Energía, bioclima y arquitectura", Ed.ACFAU, Tucumán.

• Gonzalo G.E. y N.I.Escaño, (1986) "Hacia una política en uso racional de la energía en el área

edilicia", Actas del II° Congreso Argentino sobre el U.R.E., Buenos Aires, Tomo 3.

• Gonzalo G.E. (1983) "Propuesta técnica para la vivienda popular", ATVE, Tucumán.

• Gonzalo G.E. y otros (1989) "Sistemas Energéticos Alternativos para la vivienda y el hábitat rural", Thema, Año 1, Feb.1989, Fundación Ibatín, Tucumán.

• Gonzalo G.E. (1988) En general esta introducción fue escrita por el autor para la tesis del seminario de postgrado "Teoría de la Técnica", Prof.H.Zucchi, UNT, 1988.

• Gonzalo G.E. (1982). Energías Alternativas. Energía Solar. Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires.

• Guardini R., "El ocaso de la edad moderna", Madrid, Ed.Guadarrama, 1963.

• Ibarra A.B. y R.Sánchez Sosa, Coordinación sustantiva, (2002) "La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades", Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe (PNUMA/ORPALC), Santiago de Chile.

• IEA, International Energy Agency, (2006). Keyword Energy Statistics 2006, citado por: http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energéticos_a_nivel_mundial#cite_note-IEAKey-4. [Consulta: 21/12/2008]

• IEA, International Energy Agency, (2008). World Energy Outlook 2008, Lectura en web: http://www.iea.org/. [Consulta: 14/12/2008]

• IEA, (1988) "Energy polices and programmes of IEA Countries: 1987 Review", París.

• IPCC, (2008). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

• Intergovernmental Panel on Climate Change (2000), "Methodological and Technological Issues in Technology Transfer", Edited by Bert Metz et al., Press Syndicate of the U. of Cambridge, U. K.

• Massuh V., (1982) "La argentina como sentimiento", Sudamericana, Buenos Aires.

• Meyer Barth J. (2006) "La venganza de Gaia", diario El Universal.com.mx, del 11 de junio de 2006. http://www.eluniversal.com.mx /editoriales/34579.html. [Consulta: 21/12/ 2008]

• Mezza N. (2007). Cifras para pensar: El desafío energético. Publicado el 24/8/2007 en http://www.iade.org.ar/modules/noticias/ [Consulta: 22/12/ 2008]

• Minsky M., (1987) "La sociedad de la mente: la inteligencia humana a la luz de la inteligencia artificial", Galápagos, Madrid.

• Morris D. (1971) "El mono desnudo", EMECE, Buenos Aires.

• Myers N. Editor, (1994) "GAIA. El atlas de la gestión del planeta", Tursen Hermann Blume Ediciones, Madrid.

• Olivier, J.G.J., J.A. Van Aardenne, F. Dentener, V. Pagliari, L.N. Ganzeveld, and J.A.H.W. Peters, (2005) Recent trends in global greenhouse gas emissions: regional trends 1970-2000 and spatial distribution of key sources in 2000. Environmental Science, 2(2-3), pp. 81 - 99.

• Pérez J.C. y G.E.Gonzalo, "Hacia una política sobre uso racional de la energía", inédito.

• PNUD, Proyecto de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (2007). "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido", Grupo Mundi-Prensa, Madrid.

• Revista Deutshland (1999) Embajada de la República Federal de Alemania N° 201, p.39.

• Revista Internacional de Luminotécnica, Año XXVII, N°2, 1976

• Reynolds, J. (1994) "Apuntes del seminario: Arquitectura bioclimática y con uso energías no convencionales, Tucumán, IAA-FAU-UNT, 1991, y visita a obras realizadas personalmente por el autor en 1994.

• RIAL (1986) "Anuario 1986, La tercera revolución industrial", Grupo Editor LA, Buenos Aires.

• San Martín R.L. (1998) "Energy future from the United States perspective", Elsevier Science, UK.

• Schumacher E.F. (1984) "Lo pequeño es hermoso", Ed.Blume, Madrid.

• Teilhard de Chardin P., (1984) "El fenómeno humano", Ed.Orbis, Buenos Aires.

• UNEP (2008). Historical trends in carbon dioxide concentrations and temperature In UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. http://maps.grida.no/go/graphic/historical-trends-in-carbon-dioxide-concentrations-and-temperature.

• Uriarte Cantolla A. (2003). Historia del Clima de la Tierra.1° edición, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. ISBN: 84-457-2079-1. Consultado en Web: http://homepage.mac.com/uriarte/historia.html. [Consulta: 15/12/2008]

• Valone T. (2002). Future Energy: Proceedings of the First International Conference on Future Energy (2002) Integrity Research Institute.

• Villalobos P.W. (1979) "La vivienda popular", Simposio de Vivienda Popular como herramienta de promoción social, FAU-UNT, Tucumán.

• WEC, World Energy Council, (2007). Survey of Energy Resources, World Energy Council, London, United Kingdom, ISBN: 0 946121 26 5 London, Used by permission of the WEC: www.worldenergy.org. [Consulta: 14/12/2008]

• Zevi, B. (1969) "Architectura in Nuce, una definición de arquitectura", Madrid, Aguilar S.A. Ediciones, 1969.

2 TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS Y CIBERNÉTICA

La arcilla se trabaja en forma de vasos
y en el vacío reside la utilidad de ellos.
Se abren puertas y ventanas en las paredes de una casa
y en los espacios vacíos es que podemos utilizarla.
Así, de la no-existencia viene la utilidad
y de la existencia la posesión.

LAO TSE, TAO TE KING

INTRODUCCIÓN

Mientras que el principal objetivo de la ciencia aristotélica era el explicar por qué pasan las cosas, en la ciencia moderna, principalmente a partir de Galileo, se trata de explicar cómo pasan las cosas. (François Ch., 1985-87-88-96)

"*Podemos identificar dos modelos para reconocer e interpretar la realidad, modelos que utilizamos todos los días inconscientemente para formular las más dispares hipótesis, arribar a distintas conclusiones e interactuar de las más variadas formas con la realidad.* (Perera J. 1988 y 1996)

Al primer modelo lo podríamos llamar analítico, y definirlo básicamente como aquel que surge del reduccionismo cartesiano, que reduce lo complejo a lo simple, descomponiendo a la realidad en partes, desmembrándola para su estudio y tratamiento. Este modelo conlleva un abordaje "clásico" de la realidad, aislando sus elementos y basándose en la precisión de los detalles, estableciendo la reversibilidad de los fenómenos independientemente de su duración, marcando la necesidad de validación de los hechos por pruebas experimentales realizadas en el marco de una teoría.

Por medio de este modelo podemos tener un conocimiento muy preciso de los detalles, pero con finalidades y objetivos mal definidos.

El modelo es eficaz cuando las interrelaciones entre los elementos que componen el objeto bajo estudio son lineales y débiles.

Al segundo modelo lo denominamos "sistémico" y se basa en las propuestas desarrolladas inicialmente por Von Bertalanffy (1968), profundizadas y ampliadas por un gran número de autores hasta nuestros días, que intentan elaborar una teoría interdisciplinaria capaz de trascender los problemas tecnológicos de cada ciencia y proporcionar principios y modelos generales para todas ellas.

El abordaje sistémico determina un enfoque paradigmático en la etapa de formulación de hipótesis, operando sobre los criterios de selección de elementos significativos, alertando sobre las falencias de nuestra percepción de la realidad, ampliando el campo de significación de los elementos al poner de manifiesto las relaciones que mantienen entre sí y con el ambiente que los contiene.

Se concentra en las interrelaciones de los elementos más que en el estudio aislado de cada uno de ellos, basándose en una percepción global de la realidad e integrando duración e irreversibilidad de los sistemas".

Este sería a nuestro criterio el abordaje adecuado para la tarea proyectual en arquitectura, tarea sumamente compleja por la cantidad enorme de elementos interactuantes entre sí y con su medio ambiente, y en donde se conjugan los aspectos naturales con los tecnológicos y sociales, tendiendo a conseguir una relación armónica.

Es interesante al respecto destacar el comentario que sobre Frank Lloyd Wright hace J.Gowan (1968) en sus "Notas sobre la arquitectura norteamericana", cuando citándolo dice: "Nunca podremos lograr... que la relación entre el interior, el exterior y el medio sea suficientemente estrecha". Con estas palabras Wright trataba de expresar su concepto de lo orgánico.

Quizá la palabra "integral" sea mejor que la palabra "orgánico" para describir esta preocupación de Wright -para quién, por otra parte, el estilo carecía totalmente de importancia- por fusionar conceptualmente las distintas partes de un edificio en un todo unificado."

Entendemos, por alguno de los ejemplos de la arquitectura de Wright, que su intención de combinar en un todo integral el interior, exterior y el medio, expresan una clara referencia a los organismos vivos, y por otra parte, la dificultad de reflejar armoniosamente por medio de la arquitectura, las relaciones entre los distintos ambientes o sistemas.

Así lo expresa Mounier (1974) desde un enfoque social, cuando dice: "el universo está lleno de hombres que hacen los mismo gestos en los mismos lugares, pero que llevan en ellos y suscitan a su alrededor universos más distantes que las constelaciones".

El surgimiento de la persona creadora puede leerse en la historia del mundo.

Aparece como una lucha entre dos tendencias de sentido contrario:

1. Tendencia permanente a la desperso-nalización: la dispersión, la indiferencia misma, que tiende a la nivelación (degradación de la energía).

2. Movimiento de personalización: que, en rigor, sólo comienza con el hombre, pero cuya preparación puede advertirse a través de toda la historia del universo (Teilhard de Chardin)

La vida aparece entonces como una acumulación de energía cada vez más organizada, sobre modos de indeterminación cada vez más complejos."

Es interesante referirnos sobre estos aspectos a un cuento de H.P.Lovecraft (1972), "El llamado de Cthulhu", donde dice: "*No hay en el mundo una fortuna mayor, creo, que la incapacidad de la mente humana para relacionar entre sí todo lo que hay en ella. Vivimos en una isla de plácida ignorancia, rodeados por los negros mares de lo infinito, y no es nuestro destino emprender largos viajes*".

Las ciencias, que siguen sus caminos propios, no han causado mucho daño hasta ahora; pero algún día la unión de esos disociados conocimientos nos abrirá a la realidad, y a la endeble posición que en ella ocupamos, perspectivas tan terribles que enloque-ceremos ante la revelación, o huiremos de esa funesta luz, refugiándonos en la seguridad y la paz de una nueva edad de las tinieblas".

Esto es similar a lo planteado por H. Zucchi (1993): "La nueva cultura de imágenes, con todo su arsenal de documentos y de informaciones, pareciera contribuir a la formación superior de un hombre que estuvo durante siglos y hasta milenios sumergido en las estrecheces de la ideología.

Por fin pareciera que estuviera más próxima la realización del sueño de Alejandro y del meollo del mensaje cristiano.

Habrá que esperar que el hombre común digiera todo ese inmenso caudal informativo y que emerjan en su conciencia nuevas categorías intelectuales y morales para comprender mejor, y más acabadamente el sentido de su propia historia".

Así vemos que el intentar establecer una relación armoniosa entre la arquitectura y el medio ambiente, entre y hacia los seres humanos hacia los cuales la misma está destinada, no es un proceso simple y requiere además de una voluntad de estudio y análisis preciso y concienzudo, que muchas veces las urgencias del momento o la falta de objetivos claros no nos permiten realizar.

Como lo subrayan Helmer y Rescher (GESI, 1980) "en (ciertas) ramas de la física, como por ejemplo en partes de la aerodinámica... los procedimientos exactos aún están entremezclados con la experiencia no formal.

Sin duda esta última se hace más dominante, al alejarnos del núcleo preciso y generalmente bastante abstracto de una disciplina exacta, hacia sus aplicaciones del mundo real.

Tanto la arquitectura como la medicina son claras exponentes... Ambas tienen contenido teórico, es decir, son predictivas y explicati-vas... Pueden llamarse apropiadamente ciencias, pero son bastante inexactas, ya que se basan en su mayor parte, sobre procesos de razonamiento informal."

Como conclusión del enfoque superficial y determinístico al tratar la obra arquitectónica,

podemos citar a E. Sabato (1977): "es frente a esta Academia de la Antiacademia cuando necesitarás quizá recurrir de nuevo a ese coraje de que te hablé desde el comienzo; fortaleciéndote con el recuerdo de los grandes desventurados del arte, como Van Gogh, que sufrieron el castigo de la soledad por su rebeldía, mientras estos seudo rebeldes son mimados por las revistas especializadas, viven fastuosamente a costa del pobre burgués que insultan y fomentados por esa sociedad de consumo que pretende combatir y de la terminan siendo sus decoradores".

Peter Senge (1995) y otros autores, desde un enfoque disciplinario totalmente distinto, pero esclarecedor en cuanto a la globalidad necesaria para intentar un abordaje sistémico, tanto desde el observador del problema como del problema en sí, establecen que las cinco disciplinas que permiten la creación de organizaciones inteligentes son:

1.- Dominio personal: aprender a expandir nuestra capacidad personal para crear los resultados que deseamos... alentando a las personas a desarrollarse con miras a metas y propósitos que las mismas escogen.

2.- Modelos mentales: reflexionar, aclarar continuamente y mejorar nuestra imagen interna del mundo, viendo como modela nuestros actos y decisiones.

3.- Visión compartida: elaborar un sentido de compromiso acerca del futuro que procuramos crear, y a los principios y lineamientos con los cuales esperamos lograrlo.

4.- Aprendizaje en equipo: transformar las aptitudes colectivas en vista a generar el pensamiento y la comunicación, permitiendo una inteligencia y capacidad mayor que la suma de los talentos individuales.

5.- Pensamiento sistémico: generar un modo de analizar, y un lenguaje para describir y comprender, las fuerzas e interrelaciones que modelan el comportamiento de los sistemas.

Y esto es similar a lo que expresaba J.Krishnamurti (1981) quién habla de dos instrumentos útiles para el ser humano, el del conocimiento, que lo capacita para adquirir dominio sobre las especialidades tecnológicas, y el de la inteligencia, nacido de la observación y el conocimiento de uno mismo.

Si bien Krishnamurti concede importancia al cultivo del intelecto, a la necesidad de tener una mente clara, aguda, precisa y analítica, pone mucho mayor énfasis en una intensificada percepción alerta y crítica del mundo interno y externo, en la negativa de aceptar la autoridad de cualquier nivel que sea, y en un armónico equilibrio del intelecto y la sensibilidad.

Todos estos avances para entender la complejidad y la relación que la misma tiene con la Teoría General de Sistemas y Cibernética, nos indican la posibilidad de elaborar una arquitectura que partiendo de un conocimiento mayor de las cosas, de sus interacciones y de las significaciones que pueden tener hacia y desde el ser humano a quién están destinadas, logren un equilibrio más armonioso con la naturaleza y con nuestros congéneres.

Simplificaciones burdas en el tratamiento de temas complejos pueden reflejarse en la fina ironía de la dedicatoria de Macedonio Fernández (1966) a un Decano de la Facultad de Agronomía, "El zapallo que se hizo cosmos", donde al final dice: "Parece que en esos últimos momentos, según coincidencia de signos, el Zapallo se alista para conquistar no ya la pobre Tierra, sino la Creación. Al parecer, prepara su desafío contra la Vía Láctea. Días más, y el Zapallo será el Ser, la Realidad y su Cáscara".

TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS Y CIBERNÉTICA

Mostraremos a continuación una descripción breve de los principales conceptos en que se basa la TGSC, tomados de una lectura ampliatoria que nos permitirá conocer los fundamentos de la teoría, así como algunos componentes esenciales para entenderla. (Gonzalo G.E. 1991)

Los problemas complejos, tanto los naturales como los creados por el hombre, no pueden ser tratados y encontrar solución con los enfoques parcializados de los especialistas que trabajan aislados unos de otros. La mayoría de las veces la solución parcializada de un problema sólo consigue agravarlo.

La Teoría General de Sistemas y Cibernética establece una respuesta a las necesidades de contar con herramientas conceptuales para el estudio de las situaciones cada vez más complejas que presenta el mundo actual. (AATGSC, 1987)

La preocupación de la civilización científica y tecnológica de nuestros días por los temas ecológicos y socioculturales, en relación con el futuro de la sociedad planetaria, ha llevado a la elaboración de nuevas metodologías de estudio, de análisis y de soluciones, sobre la

base de una síntesis reunificadora del conocimiento que se halla actualmente sumamente atomizada.

El estudio sistémico no pretende desplazar al analítico sino complementarlo, e intenta restablecer la coherencia de nuestras mentes poniendo el foco de su atención sobre las interrelaciones de los elementos de un sistema y no sólo en los elementos aislados que lo componen.

METODOLOGÍA SISTÉMICA Y CIBERNÉTICA

Los métodos que aplica la Teoría General de Sistemas permiten estudiar los distintos temas como sistemas, atendiendo a: (Flores S.M y M.A. Ludueña, 1983)

- su organización interna.
- sus interrelaciones recíprocas.
- sus niveles jerárquicos.
- su capacidad de variación y adaptación.
- la conservación de su identidad.
- su autonomía.
- sus reglas de organización y crecimiento.
- su desorganización.
- su destrucción, etc.

La Cibernética por su parte estudia:

- las regulaciones.
- los controles.
- las realimentaciones (positivas y negativas)
- las condiciones de estabilidad.
- la naturaleza de la generación, transmisión e interpretación de la información.

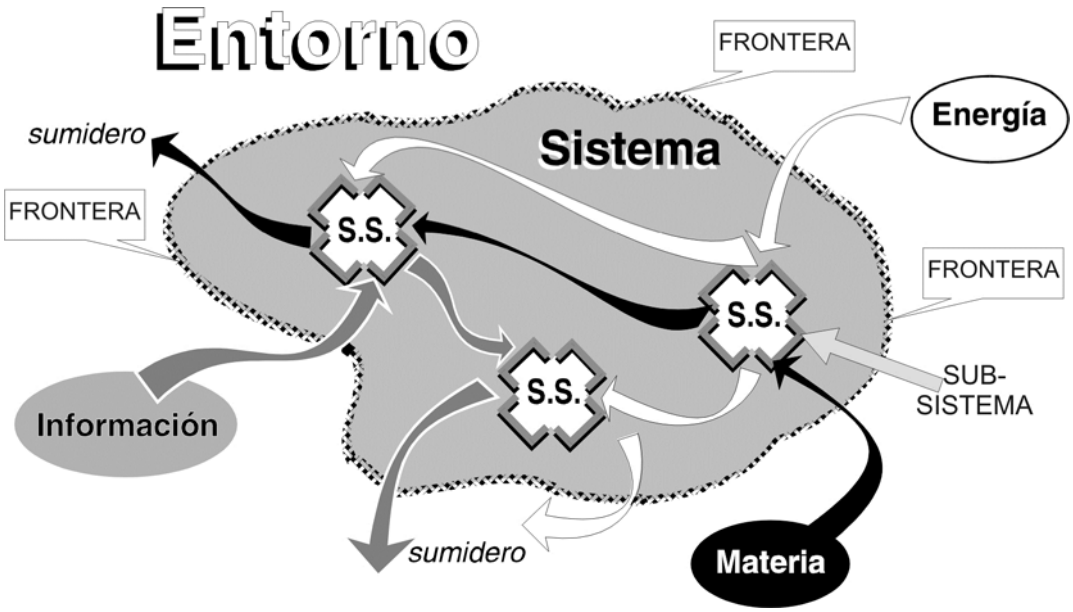


Fig. 2.1. Sistema, subsistemas y procesamiento de materia, energía e información, así como generación de desechos a sumideros.

CONCEPTO DE SISTEMA Y DIFERENTES FORMALIZACIONES

Un sistema es un conjunto de unidades que interaccionan y tienen alguna relación entre sí. Al hablar de conjunto estamos suponiendo que las unidades que lo constituyen tienen alguna propiedad en común.

Además, estas unidades que interaccionan y tienen alguna relación entre sí, dependen del estado de otras unidades.

Como vemos en la figura anterior, el sistema está determinado por una frontera que lo distingue de su entorno, con el cual está relacionado produciendo ingresos y egresos.

Las distintas unidades que componen el sistema se relacionan entre sí y forman un conjunto de elementos interdependientes e integrados o un grupo combinado bajo la forma de un todo organizado, que tiene un propósito u objetivo.

Es así que podemos hablar de un globalismo o totalidad de un sistema ya que su naturaleza orgánica establece que una acción que produzca cambios en una de las unidades del sistema, con alta probabilidad deberá producir cambios en todas las otras unidades del mismo.

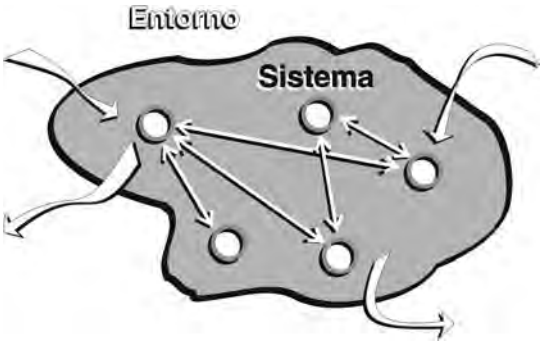


Fig. 2.2. Sistema y subsistemas. Relaciones entre sí y con el entorno.

Destacamos algunos elementos que conforman este nuevo paradigma de pensamiento en cuanto a los sistemas:

- Entorno: es lo que no es sistema, pero con el cual establece relaciones, recibiendo influencias del mismo y, a su vez, condicionándolo.
- Frontera: contorno del sistema, perteneciente al mismo pero con algún grado de permeancia, que hace que se establezcan las relaciones con el entorno.
- Finalidad: conductas, procedimientos o comportamientos que adopta el sistema que permiten, algunas veces, determinar uno o varios fines del mismo.
- Estructura: la determina la forma en que se organizan las partes, o sub-sistemas que integran el sistema y sus relaciones.
- Procesos: que ocurren en el tiempo y que establece el comportamiento de las estructuras del sistema, es decir, su dinámica de cambios.

Como ejemplos macros y micros, podemos hablar, por ejemplo, de sistemas planetarios, donde las unidades constitutivas son el sol, los planetas, satélites, asteroides, etc. relacionados según leyes e interactuando entre sí. Lo mismo ocurre si analizamos un sistema atómico, con sus elementos tales como: electrones, neutrones, protones, etc.

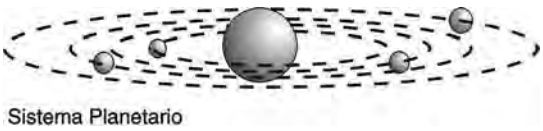


Fig. 2.3. Sistema planetario.

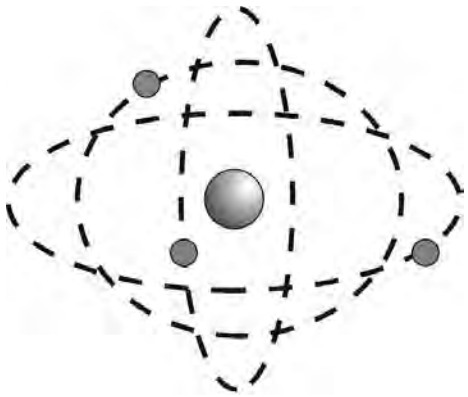


Fig. 2.4. Sistema atómico.

SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

Un sistema es un grupo de elementos de cualquier naturaleza, pero este grupo forma un sistema si los elementos están unidos entre sí por ligaduras respectivas. La complejidad del sistema no es, de ninguna manera, función del número de elementos constitutivos, ni del volumen que ocupa en el espacio, ni del número de dimensiones de este espacio, sino, más bien, del número de estados que puede tomar el sistema, lo que equivale a decir, de la cantidad de informaciones que contiene el sistema. (Van Etgen R., 1968)

La Asociación Argentina de Teoría General de Sistemas y Cibernética define a un sistema como: "una entidad autónoma dotada de una cierta permanencia y constituida por elementos interrelacionados, que forman subsistemas estructurales y funcionales. Se transforma, dentro de ciertos límites de estabilidad, gracias a regulaciones internas que le permiten adaptarse a las variaciones de su entorno específico".

La red de interacciones entre los subsistemas genera el sistema y sus propiedades micro y macroscópicas.

La autonomía es la capacidad que tiene un sistema para determinar, dentro de ciertos límites, sus propios comportamientos frente a las variaciones de su entorno.

Los elementos que componen el sistema nacieron por una autogénesis realizada por un proceso de interrelación entre los mismos, que antes estaban inconexos.

Para que el sistema pueda conservar su identidad debe tener capacidad de reproducir sus propios elementos y las interrelaciones que los unen (su organización), a lo que denominamos autopoiesis.

Cada subsistema será entonces un componente funcional que pertenece a un sistema mayor y que llena las condiciones de un sistema por sí mismo, pero que también tiene un rol especial en la operación y organización del sistema mayor.

Los subsistemas intercambian entre sí y con su entorno materia, energía e información. Con el entorno el sistema determina ingresos y genera egresos (sumideros)

CIBERNÉTICA

Wiener (1963) fue el creador de este término en 1948 y decía: "nos hemos decidido a designar el campo total de la teoría de la regulación y de la comunicación, sea en las máquinas o en los seres vivientes, con la palabra cibernética, que construimos sobre el griego Kybernétes: piloto, timonel".

Aclara el autor que en su concepto la cibernética no trata en primer lugar de los organismos ni tampoco de los productos técnicos, sino de aquello que ambos tienen en común. La cibernética está centrada entonces en el concepto fundamental de información, independiente de las formas en que ésta es transmitida, convirtiéndose en un sistema lógico-matemático, erigido sobre conceptos abstractos.

Umberto Eco (1986) distingue lo que es la comunicación de características culturales de la información como proceso físico. Son éstos los límites entre la señal cibernética y el sentido. "*A nivel de la máquina, estábamos todavía en el universo de la cibernética, que se ocupa de las señales. Al introducir al hombre hemos pasado al universo del sentido. Ha quedado abierto un proceso de significación, porque la señal no es únicamente una serie de unidades discretas, computables por bits de información, sino que es también una forma significante que el destinatario humano deberá llenar con un significado*".

Podemos entender la cibernética considerando a un hombre que viaja solo en un bote de remo y que cumple cuatro funciones esencialmente diferentes:

1.- se propone una meta u objetivo: con lo cual cumple la función de capitán.

2.- observa la dirección y la desviación y decide la corrección a efectuar: con lo cual cumple la función de piloto.

3.- realiza los cambios decididos: función de timonel.

4.- entrega el trabajo físico necesario para alcanzar la meta: función de remero.

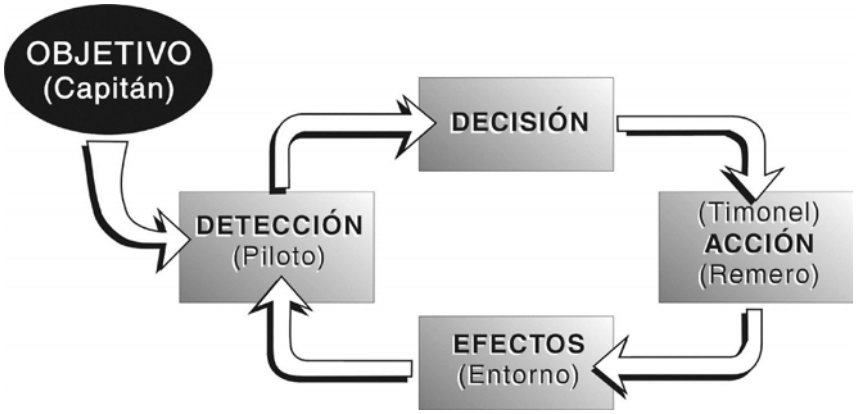


Fig. 2.5 Componentes y funciones esenciales en un sistema cibernético.

MECANISMOS DE REGULACIÓN

Los sistemas tienen distintos mecanismos de regulación tendientes a la búsqueda de un equilibrio o al logro de una finalidad. Los principales sistemas son los de regulación por anticipación y regulación por error.

Para explicar los principales mecanismos de regulación debemos entender los que se conoce como homeostasis (igual, posición o estabilidad), tomado de la fisiología y que representa la tendencia de un sistema a mantener la constancia de sus propiedades frente a otros sistemas exteriores que ejercen influencias sobre él.

En el mecanismo de feedforward (interacción) hay una compensación dinámica entre factores opuestos y por lo tanto debe conocerse la ley de transformación del sistema de antemano. Este mecanismo tiene una mejor sensibilidad de percepción y respuesta y una mayor velocidad de reacción.

Es un sistema que reacciona frente al entorno, conforme a una norma de regulación establecida con anticipación. Por ejemplo, en

ventanas con control solar automatizado, un detector fotovoltaico regulado establece que, si la radiación solar incidente supera un determinado valor, las cortinas de protección motorizadas se cierren.

En el mecanismo de feedback (retroacción) la corrección de factores se hace en función de los efectos y sólo se conoce la relación entre la entrada y salida. Tiene mejor flexibilidad para la adaptación y estabilidad y una mejor confiabilidad frente a una norma.

Ejemplo de esta regulación sería un sistema de aire acondicionado que, mediante un sistema de control denominado termostato (ver la similitud de este aparato con la homeostasis que se hablaba anteriormente), está realimentado negativamente, ya que si la temperatura excede la deseada, el compresor se apagará o bajará de potencia, mientras que si no la alcanza aumentará su potencia o seguirá funcionando.

Fig. 2.6 Mecanismo de interacción.

Fig. 2.7 Mecanismo de retroacción.

Existen cuatro características comunes a todo control:

1. El sistema a ser controlado.

2. El patrón, modelo o estado propuesto.

3. Un dispositivo para medir el estado efectivo del proceso y en consecuencia su desviación con respecto al estado propuesto.

4. Un medio de suministrar influencias correctoras para mantener al sistema dentro de los límites establecidos.

En cuanto al objeto controlado, éste se caracteriza por las siguientes propiedades:

1. la existencia de una determinada meta orientada hacia una finalidad que se manifiesta en la capacidad de dar cualquier resultado esperado.

2. el estado del sistema que se manifiesta en tipos concretos de movimiento y puede cambiar al variar las condiciones ambientales en las cuales se encuentra el sistema.

3. la capacidad de ser controlable, es decir, la capacidad del sistema de reaccionar a las influencias externas ejercidas sobre el control.

Una ciudad o un edificio son conjuntos de sistemas y subsistemas que inter-accionan entre sí, con finalidades diversas, muchas veces explícitas y, la mayoría de las veces, por razones no muy bien establecidas o que surgen de la actividad diaria.

Es así que debemos distinguir, cuando diseñamos, la diferencia entre lo que denominamos "programa de diseño", que es la rutina habitual o acciones que el usuario o los habitantes establecen según sean las condiciones subjetivas propias o del entorno, de las "estrategias de diseño", donde se entiende que las condiciones del entorno no son inmutables sino que cambian dentro de determinados márgenes.

En el primer caso, el más habitual y que se utiliza en las escuelas de arquitectura así como en muchos programas de construcción o desarrollos urbanos, se establecen un conjunto de reglas que los edificios y sus

sistemas relacionados deben cumplir y que básicamente se aplican a los criterios funcionales y constructivos, incluyendo dentro de estos a los aspectos de seguridad y uso correcto de las técnicas y de la significación que debe tener.

En la segunda situación, los edificios y sistemas urbanos tienen que tener normas y regulaciones para poder funcionar, al igual que en el primero, pero son muchas más complejas y contienen en sí mismas la voluntad de cambio y la necesidad de establecer controles, automáticos o bien regulados por los usuarios, que vayan adaptando las condiciones del sistema controlado a las variaciones permanentes del entorno, de acuerdo a estrategias multi-variadas.

Esto es muy difícil de establecer pero se pueden determinar pautas y estrategias básicas, que partiendo de las normas programáticas preliminares, puedan ser adaptadas o condicionadas conforme a situaciones particulares que se puedan prever en los comportamientos variados del entorno.

Como decía Morín, la estrategia es el "arte de trabajar en la incertidumbre" y podemos decir que la arquitectura, como todo fenómeno humano, se caracteriza por tener un alto grado de incertidumbre, que las regulaciones explicadas nos permitirían disminuir o, en algunos casos, mejorar en el sentido de permitir una mejor calidad de vida de los habitantes de nuestras ciudades y de sus edificios.

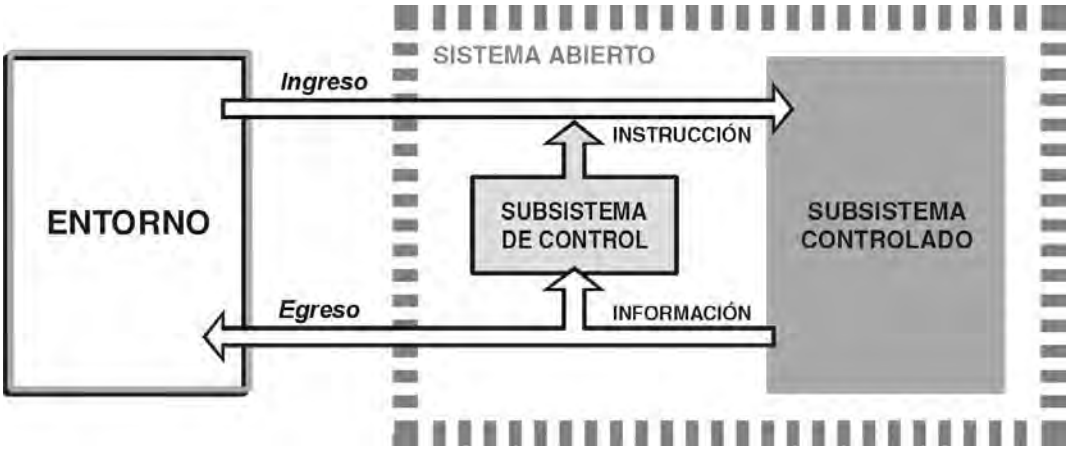


Fig. 2.8 Subsistema de control en un sistema abierto.

PROPIEDADES DINÁMICAS

La regulación activa combina los mecanismos que hemos visto y permite absorber perturbaciones externas y compensarlas interiormente.

En esta regulación el subsistema regulador cumple funciones de información, de decisión y de acción, como se ve en el próximo gráfico.

Las principales propiedades dinámicas de un sistema son:

1.- ADAPTACIÓN

♦ El sistema tiende a un comportamiento favorable a sus fines.

♦ Proceso por el cual el sistema se somete a las condiciones del ambiente o se organiza para ser compatible con el mismo.

♦ Requiere un constante intercambio para mantener el estado estacionario, el que cambiará si se modifican las condiciones de contorno.

♦ Las soluciones que plantea son únicas y de dominio lineal.

2.- AUTO-ORGANIZACIÓN

♦ El sistema es capaz de evolucionar mejor con modificaciones estructurales (de la organización y comportamiento de sus sub-sistemas)

♦ Se auto-organiza internamente en nuevas estructuras espacio temporales.

♦ No son sistemas estables: una pequeña fluctuación crece y arrastra al sistema a un nuevo estado.

♦ El azar aporta novedad y cambios.

♦ Existen distintas soluciones en cada bifur-cación y su dominio no es lineal.

3.- AUTO-APRENDIZAJE

♦ El sistema es capaz de modificar algunas de las características de sus niveles temporales para una mejor adaptación.

♦ El sistema adquiere estructuras favorables por acumulación de novedades integrables.

♦ Se caracteriza por la conservación de memorias y reestructuración permanente.

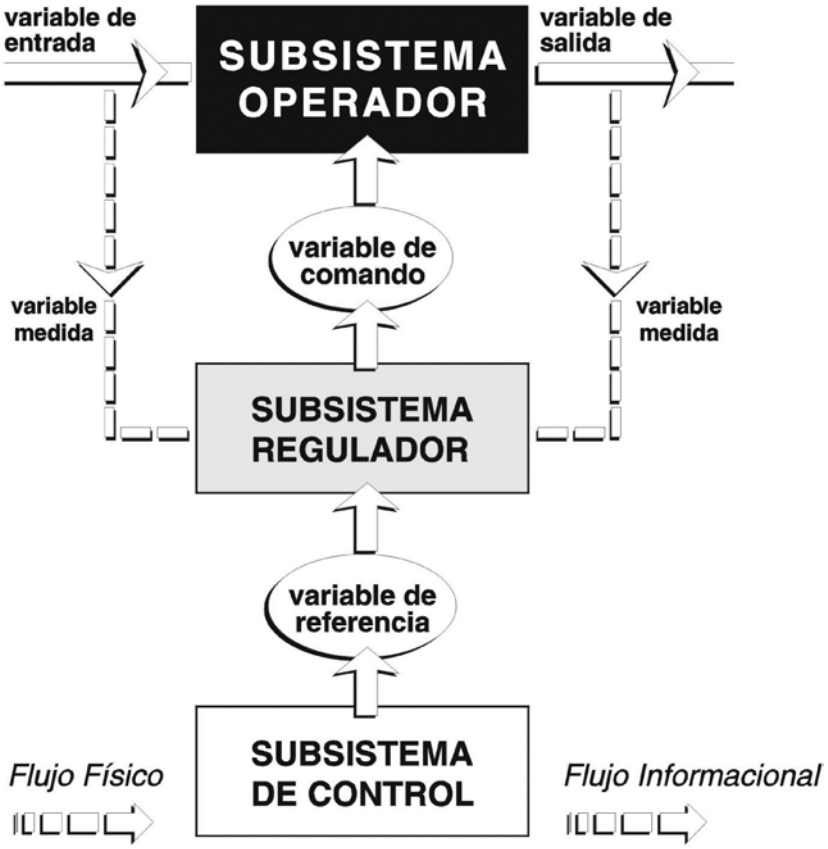


Fig. 2.9 Controles de un sistema.

RELACIONES HOMBRE-AMBIENTE

Consideramos al ser humano como integrante de un sistema de relaciones que se dan en la Sociedad (familias, grupos, organizaciones, estado), entre ésta y la Naturaleza (biótica y abiótica) y con la Cultura, considerada como el modo peculiar de interacción entre el hombre, en tanto ser social, y su ambiente.

La cultura se manifiesta en la ciencia y la tecnología, los instrumentos, las infraestructuras físicas, las formas de generación, acumulación y distribución del conocimiento y del poder, las ideologías, los modelos de comportamiento, etc.

Los tres esquemas que se muestran en el próximo gráfico ilustran la variación en el modelo propuesto a lo largo de la evolución de la humanidad en el planeta y las direcciones de las relaciones de dominio.

1.- Sociedad pre-industrial y pre-urbana:

♦ Sometida al rigor de las aleatoriedades y cuasi-determinaciones del medio natural.

♦ Incipiente creación y almacenamiento de información.

♦ Diferenciación y estructuración creciente de las relaciones sociales y ambientales (pero aún dentro de un marco de autorregulación de las mismas)

2.- Sociedad urbano-industrial / organizacional:

♦ Aparecen mecanismos de retro-alimentación positiva en las relaciones sociales y ambientales, por el aumento explosivo de conocimiento científico y de tecnologías de producción y de explotación de los recursos naturales.

♦ Relaciones paradojales entre las visiones de corto y largo plazo, por discontinuidad de ritmos, escalas y dimensiones.

♦ Efectos no previstos producidos por la complejidad, simultaneidad y sinergia de

interacciones socio-ambientales, que ya no son posibles de abordar por la intuición y el saber convencional.

♦ Niveles mayores de organización y modos de interacción cada vez más complejos.

♦ Insumos crecientes de recursos físicos e informacionales.

3.- Sociedad informatizada:

♦ Nuevo modelo mundial fuertemente interdependiente e inductor de cambios sociales.

♦ Posibilidad de generación de inestabilidades que produzcan el colapso de una estructura socio-ambiental próxima a umbrales máximos de tareas de interacción.

♦ Posibilidad de caer en un regreso a un nivel de organización más primitivo.

♦ Posibilidad de generar una nueva estructura de mayor nivel organizacional, incorporando las perturbaciones (en este caso las nuevas tecnologías, la internacionalización de la economía y el cambio social, por medio de un nuevo sistema que se diversifica y auto-organiza)

Fig. 2.10 Relaciones sistémicas entre la sociedad, la naturaleza y la cultura.

T.G.S. Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Pierre Teilhard de Chardin fue quien por vez primera se refirió a nuestro entorno con una significativa y profunda definición: al tratar de comprender al mundo, nos encontramos ante lo infinitamente grande, lo infinitamente pequeño y lo infinitamente complejo.

Los elementos y relaciones que intervienen en el diseño bioclimático son numerosos y complejos. Una definición proyectual armoniosa entre las condiciones climáticas del medio ambiente exterior a un edificio, los distintos subsistemas de control del mismo y las respuestas fisiológicas y psicológicas de los usuarios, demandará un enfoque holístico que tome en cuenta los distintos elementos climáticos, con sus variaciones diarias y estacionales, y las características del entorno edilicio y la envolvente del mismo, como tamices selectivos que permitan el ingreso de aquellos elementos beneficiosos para el confort interno, deteniendo o filtrando los perjudiciales.

La consideración de estas relaciones y tamices es de suma importancia ya que la "constancia del medio interno es de tal valor para la vida de los animales superiores y del hombre, que sus mecanismos de mantenimiento a menudo no son económicos: a la estabilidad se sacrifica todo. En esencia significa que las células internas de los organismos, particularmente los superiores, están bañadas por líquidos -plasma sanguíneo, linfa, plasma intersticial - cuya composición sólo puede variar entre límites muy estrechos sin que peligre la vida, o al menos la normalidad funcional".

Siguiendo a A. Monnier (Gonzalo, G.E. 1997) en su libro "Functions of the nervous system", (Monnier A., 1968) vemos que se distinguen dos zonas en el cuerpo humano: una homeotérmica (centro del cuerpo) y otra variable (envoltura del cuerpo)

Diferentes termo-receptores localizados en distintas áreas del cuerpo, participan en la regulación de la temperatura. Por otra parte se realizan correcciones por órganos

efectores: órganos viscerales y musculatura esquelética, pelos y glándulas sudoríparas de la piel.

Los procesos de regulación térmica pueden ser iniciados por disturbios en el centro del cuerpo o influencias en el ámbito de la envoltura del mismo. A temperaturas medias prevalece la regulación vasomotriz. Un frío más intenso le agrega a la contracción vasomotora un incremento metabólico, mientras que un calor más intenso genera secreción de sudor y vasodilatación cutánea.

Existen fibras nerviosas específicas que transmiten los impulsos de los termo-receptores cutáneos.

Para el calor, se detecta un incremento de fase de los impulsos, en respuesta a una elevación transitoria de temperatura y una reducción en caso de una caída. Para el frío es al revés.

A una temperatura constante todos los termo-receptores descargan en forma "tónica", con distintas frecuencias máximas.

Fig. 2.11 Lo infinitamente grande, pequeño y complejo (adaptado de De Rosnay J., 1979)

Los centros termo-regulatorios son activados por los termo-receptores de la piel, y su estimulación induce una descarga de impulsos a los centros del hipotálamo, quienes, a su vez, generan impulsos que influyen sobre el flujo sanguíneo, el tono muscular y la respiración.

Los centros termo-regulatorios a su vez son influidos por los cambios de temperatura de la sangre circulante.

La termo-regulación funciona como un mecanismo de retroalimentación negativa, con un punto de ajuste que sube o baja según condiciones psicológicas. Este sistema de retroalimentación negativa procesa tres tipos de elementos:

a) receptores que señalan la temperatura existente.

b) mecanismos efectores: vasomotores, sudo-motores y metabólicos, que pueden aumentar o disminuir la temperatura.

c) mecanismos integradores que presumible-mente comparan la temperatura con el punto de ajuste, activando la adecuada respuesta motora.

Para dar una idea de la influencia del clima sobre el comportamiento y aún sobre la salud del ser humano, consideremos las llamadas "olas de calor" que son estados de tiempo muy caluroso y húmedo y que durante varios días consecutivos abarca gran parte de un país.
"Entre el 25 de diciembre y el 3 de enero de 1971 se produjo una ola de calor que hizo que en Buenos Aires se registrara un aumento de la mortandad para ese período del orden del 500%. Esto se debe a que no sólo se ven superados los controles biológicos por el efecto del calor y la humedad, sobre todo en ancianos, niños y enfermos, sino que el

estancamiento del aire produce una elevación de la concentración de contaminantes, agregando peligrosidad a las altas tensiones térmicas". (FAA-SMN, 1984)

El hombre ha llegado a modificar las circunstancias externas según su propia conveniencia: 1) por el uso de ropa, 2) por el uso de espacios por él construidos y 3) por la organización del conjunto de dichos espacios. El soporte urbano es la manifestación superior de dicha organización. (Ramón F., 1976)

Vemos entonces que el confort y aún la salud del ser humano van a depender en gran medida de las correctas regulaciones que el diseñador establezca en los sistemas urbanos y en la envolvente de los edificios, generando controles selectivos en las relaciones entre los espacios con usos particulares y los espacios exteriores, caracterizados por sus condiciones climáticas promedio.

Esto se podrá alcanzar mediante el adecuado uso de materiales de la envolvente y de la vegetación asociada al edificio; por la conformación de los sistemas edilicios y urbanos; y permitiendo a los usuarios mediante sus propias acciones perfectamente determinadas o con el auxilio de sistemas informatizados, la regulación de los intercambios entre los espacios regulados y el entorno climático.

El desarrollo explosivo que en el último siglo han experimentado las ciudades, al extremo de convertirse en lugar de vida e intercambio de más del 80% de la población mundial, enfrenta a los diseñadores y decisores sociales a compromisos inéditos, cuya complejidad y consecuencias a largo plazo aún no son muy bien comprendidos.

Hasta 1850 solamente cuatro ciudades en el mundo tenían más de un millón de habitantes. A comienzos del siglo XX ya había veinte, y cincuenta años después ciento cuarenta.

Los desafíos ecológicos y económicos que esta concentración creciente demanda; nuevos productos y métodos de intercambio; relaciones sociales y psicológicas inéditas; cambio en las expectativas de vida, de cobijo, etc., nos colocan frente a un laboratorio de pruebas permanentes y cambios de una rapidez y fugacidad nunca antes experimentados.

Para enfrentar este grado creciente de complejidad la ciencia ha desarrollado lo que De Rosnay (1979) denominara "macroscope" (ver figura 2.11.), donde se encuentran "los conceptos fundamentales de los modelos biológicos, ecológicos y económicos, agrupados en sus principales categorías: energía y su uso; flujos; ciclos y reservas; redes de comunicación; agentes de transformación y catalíticos; tendencia al equilibrio o estabilidad; crecimiento y evolución. Y sobre todo el concepto de sistema viviente, sistema económico y eco-sistema, que involucra a todos los otros".

Aunque cada disciplina cuenta con un vocabulario propio y un cuerpo de doctrina específico, las analogías y metáforas que surgen del enfoque global de sistemas, hace que se pueda comprender mejor y describir con mayor precisión la complejidad organizada.

Este enfoque unificado se fue generando a lo largo de los últimos treinta años, con la fertilización cruzada de muchas disciplinas: biología, teoría de la información, cibernética y teoría de sistemas. No es un concepto nuevo, pero sí una nueva integración de disciplinas que se han ido conformando alrededor.

A este enfoque trans-disciplinario se lo ha denominado enfoque sistémico. No puede ser considerado una ciencia, una teoría o una disciplina, sino más bien una metodología nueva para colectar y organizar el conocimiento acumulado con el objetivo de incrementar la eficiencia de nuestras acciones. "El enfoque sistémico, al contrario del enfoque analítico, incluye la totalidad de los elementos del sistema bajo estudio, así como sus interacciones e interdependencias".

Lo interesante del enfoque sistémico es que establece sus estudios como unidades complejas, donde el todo no es igual a la suma de las partes, tomando las variables en forma ambigua y transdiciplinarias, que atraviesa todo aquello que se conoce.

Además, como destaca Morín E. (1994) las leyes de las organizaciones complejas no son de equilibrio, sino de desequilibrio o de dinamismo estabilizado, y la inteligibilidad del sistema no se encuentra solamente en el propio sistema, sino también en su relación con el medio ambiente, relación que no es de simple dependencia, sino parte constitutiva del sistema analizado.

En un estudio de casos realizado por Higueras E. (1997), sobre 50 planificaciones urbanas recientes, realizadas en 25 países, se resumen las siguientes consideraciones aplicadas a dichos proyectos:

Planes o proyectos integrados	26%
Referentes al entorno natural	92%
Referentes al ciclo del agua	42%
Referentes al tratamiento de residuos sólidos urbanos	46%
Referentes al ahorro energético	40%
Referentes a la rehabilitación o a la arquitectura bioclimática	58%
Referentes a la resolución de problemas de accesibilidad	40%
Referentes a la planificación urbana	82%
Referentes a proyectos de actividad económica	44%

Fig. 2.12 Porcentajes de incidencia de variables tomadas en cuenta en planificaciones urbanas.

Vemos que los planes o proyectos integrados solamente representan un 26% del total, lo que nos está indicando que todavía falta mucho para considerar en forma sistémica la planificación urbana. Por otra parte, en un 58% de los casos ya se estaban considerando las variables referidas a la rehabilitación o a la arquitectura bioclimática.

La visión parcializada de los problemas es una de las características más destacables que atenta para la solución de un desarrollo, sobre todo en la consideración de:

- El crecimiento económico.
- La equidad (social, económica y ambiental)
- La sustentabilidad ambiental.

Es indudable la dificultad que se presenta para definir y consensuar los aspectos anteriormente indicados, pero sobre todo determinar las variables e indicadores que nos permitan establecer planes y proyectos integrados e integrales.

"En los debates políticos y en diversos campos de las ciencias sociales, han sido notorias las dificultades para formular alternativas teóricas y políticas a la primacía total del mercado, cuya defensa más coherente ha sido formulada por el neoliberalismo. Estas dificultades se deben, en una importante medida, al hecho de que el neoliberalismo es debatido y confrontado como una teoría económica, cuando en realidad debe ser comprendido como el discurso hegemónico de un modelo civilizatorio, esto es, como una extraordinaria síntesis de los supuestos y valores básicos de la sociedad liberal moderna en torno al ser humano, la riqueza, la naturaleza, la historia, el progreso, el conocimiento y la buena vida." (Lander E., 2002)

Esta falla en la concepción global y consideración parcializada de los tres factores indicados anteriormente, podemos verlo en un ejemplo donde se indica que un acre de pantanos tiene un valor comercial de 500 dólares de Estados Unidos.

Una investigación de la voluntad de pago de posibles usuarios reveló, sin embargo, que, dependiendo de cómo se calculen los valores a futuro, un acre de pantanos rinde entre 317 y 846 dólares por concepto de pesca comercial, entre 151 y 401 dólares por captura de animales silvestres, entre 46 y 181 si se lo dedica a recreación y entre 1915 y 7549 dólares si se lo considera como protector contra las tormentas y mitigador de sus efectos.

Incluso se añade que si se cuantifica la capacidad del pantano para captar energía solar el valor total de un acre fluctuaría entre 2500 y 17000 dólares, cifra que, por cierto, es mucho mayor que su valor comercial de 500 dólares. (Costanza R. y L.Wainger, 1990)

Actualmente y frente a una mayor información y con datos preocupantes sobre la situación del planeta, ya se han creado una cantidad muy grande de normas, leyes e inclusive se integró el tema ambiental en algunas constituciones.

Si bien todavía hay personas y científicos que difieren del diagnóstico, son indudables los efectos que están teniendo en el ambiente no haber realizado con tiempo los cambios y establecer previsiones para protegerlo, entre otras medidas, tendiendo a un urbanismo y arquitectura sustentable.

Entre muchas de las publicaciones y normas o regulaciones, se destaca la publicación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2007), donde se analizan cuatro escenarios hipotéticos de enfoques políticos y opciones relacionadas:

1. Dar preferencia a los mercados.
2. Dar preferencia a las políticas.

3. Dar preferencia a la seguridad.
4. Dar preferencia a la sustentabilidad.

En este informe se aclara que "el año 2007 es también el punto medio para la implementación de algunos de los objetivos de desarrollo internacionalmente reconocidos, incluyendo los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)"

Lamentablemente se desprende de este informe que la mayoría de los objetivos que se habían establecido desde hace 20 años no se han cumplido y ya estamos a mitad de camino de las metas establecidas para el 2015, siendo para algunos investigadores muy difícil que se alcancen e inclusive en algunos casos los impactos negativos se incrementan, aunque también algunos indicadores permitirían abrigar algunas esperanzas de estabilizarse o inclusive revertirse.

El quiebre económico reciente es a mi entender un llamado de atención muy claro que el dar preferencia a los mercados, táctica aplicada sistemáticamente por los países más desarrollados y en un contexto de desprecio o falta de reconocimiento de las distintas problemáticas regionales, e inclusive de las interacciones que determina la globalización.

Sobre todo si consideramos lo escrito cuando se publicó "Nuestro Futuro Común", donde se establecía que: "la habilidad de elegir opciones políticas sostenibles requiere que las dimensiones ecológicas de la política sean consideradas tanto desde el punto de vista económico, como comercial, energético e industrial, entre otros, en las propias agendas y en las propias instituciones nacionales e internacionales" (WCED, 1987)

Estos indicadores, llamados Objetivos de Desarrollo del Milenio que simplemente suscribieron algunos países sin adoptar las medidas necesarias para que se cumplan, son analizados en el libro del PNUMA del 2007 (se describen los objetivos específicos y los indicadores que se utilizan para controlar el progreso hacia la consecución de estos objetivos, de la UN en el 2003):

Objetivo 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre (no se cumplió)

Objetivo 2: Lograr la enseñanza primaria universal (se experimenta una progreso, pero no se logra, especialmente en Asia Oriental y en África)

Objetivo 3: Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer (tiende a reducirse, sobre todo en lo que respecta a educación primaria y secundaria)

Objetivo 4: Reducir la mortalidad infantil (no se estima conseguir, al contrario)

Objetivo 5; Mejorar la salud materna (igual que el anterior, no se estima conseguir)

Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades. (se espera disminuyan luego del 2015)

Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

Objetivo 8: Fomentar una asociación mundial para el desarrollo. (en este objetivo, como en el anterior, se prevé un progreso muy limitado)

El Premio Nobel de la Paz 2007, Rajendra Pachauri, ha señalado en Hora 25 Global que "sólo tenemos siete años si queremos frenar el aumento de la temperatura" en nuestro planeta. Pachauri ha sido uno de los expertos invitados a este programa dedicado al cambio climático, un problema global.

Sobre el Protocolo de Kyoto, el Nobel de la Paz 2007 ha dicho que "lo particularmente preocupante" es que dos países no lo hayan ratificado: Estados Unidos y Australia. "Y esto ha afectado claramente, no sólo en cuanto a los logros y a los objetivos, sino también al impacto psicológico de que los Estados Unidos no sean parte de la solución".

La Comisión Brundtland de la que ya hemos hablado definía que los problemas eran complejos tanto como urgentes. Esta breve introducción nos permite encontrar una guía para tratar y hasta para pensar estos tipos de problemas. Seguir con una lógica política simplista y sobre todo egoísta, seguramente va a llevar que seguramente en algunas décadas las situaciones de enfrentamientos sociales sean de difícil control e inclusive se corran peligros irreversibles a nivel mundial.

Como decía Goethe "No hay nada más espantoso (destructivo y retrógrado) que la ignorancia" (real o fingida) activa". Y podemos entender por ignorancia el no contemplar los problemas en su totalidad sino parcialmente o bien, en forma sesgada y de acuerdo a nuestra conveniencia o miedos. La superación de estas limitaciones y el tomar medidas urgentes pueden llevar a que las injusticias sobre nuestros semejantes y el medio ambiente se entiendan como dos aspectos de un mismo problema y esperemos que aún estemos a tiempo de establecer soluciones que puedan variar las tendencias.

BIBLIOGRAFÍA

♦ AATGSC-GESI (1994) "Teoría general de sistemas: conceptos básicos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ AATGSC-GESI (1994) "Teoría general de sistemas: manejo y usos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ Ackoff R.L. (1992) "Una Teoría de la practica en las ciencias de los sistemas sociales", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ Bauman Z. (1999) "La globalización: consecuencias humanas", Fondo de Cultura Económica, México.

♦ Cárdenas M.A. (1978) "El enfoque de sistemas", Limusa, México.

♦ François Ch. (1994) "La noción de sistema global", Ed.del autor, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1988) "Patología de los sistemas complejos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1988) "La Teoría general de sistemas y las ciencias humanas", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1986) "Enfoques sistémicos en el estudio de sociedades I", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1985) "Sistemas complejos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1985) "El uso de modelos sistémicos cibernéticos como metodología científica", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1984) "Los sistemas dispersos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1984) "Patología de los sistemas complejos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ Gonzalo G.E. (1991) "Introducción a la teoría general de sistemas y cibernética: guía de clases", C.E.S., Tucumán.

♦ Holling C.S. (1985) "Percepción y gerencia de la complejidad de los sistemas ecológicos", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ Johansen B. (1992) "Introducción a la teoría general de sistemas", Ed.Limusa, México.

♦ Klir G.J. (1983) "Metodología sistémica", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ Kuhn, H. y Nasar, S. (2002). "The essential John Nash". Princeton University Press, 2002.

♦ Maruyama M. (1985) "Segunda cibernética y paisajes mentales", GESI, Buenos Aires.

♦ Massé P. (1966) "El plan o el antiazar", Nueva Colección Labor, Barcelona.

♦ Maturana H.R. y F. Varela (1982) "Sistemas autopoiéticos, una caracterización de la organización viviente", GESI, Buenos Aires.

♦ Maturana H.R. (1982) "La organización de la vida: una teoría de la organización viviente", GESI, Buenos Aires.

♦ Miller J.G. (1978) "Living Systems", McGraw Hill Book Company, New York.

♦ Minsky M. (1987) "La sociedad de la mente", Ediciones Galápago, México.

♦ Odum, H. (1971). Environment, Power and Society, Wiley, New York.

♦ Perera J. y Gonzalo G.E. (1988) "Seminarios sobre teoría general de sistemas", FAU-FAZ, Tucumán.

♦ Prigogine I. y I.Stengers (1988) "Order out of chaos", Bantam Books, New York.

♦ Rodríguez Delgado R. (1994) "Teoría de sistemas y gestión de las organizaciones", Instituto Andino de Sistemas, Lima.

♦ Sell P.S. (1992) "Sistemas expertos", Ed. Limusa, México.

♦ Senge P. (1995) "La quinta disciplina", Granica, Barcelona.

♦ Ulrich W. (1990) "Diseño de sistemas para resolución de problemas", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

♦ Vendryés P. (1975) "Hacia la teoría del hombre", El Ateneo, Buenos Aires.

♦ Varios (1983) "Teoría general de sistemas y cibernética", GESI-AATGSC, Buenos Aires.

♦ Varios (1982) "Teoría general de los sistemas, conceptos y desarrollos", GESI-AATGSC, Buenos Aires.

♦ Varios (1993) "International systems science handbook", Benzal, Madrid.

♦ Varios (1980) "Teoría general aplicada de sistemas", GESI-AATGSC, Buenos Aires.

♦ Varios (1979) "Teoría general de los sistemas", GESI-AATGSC, Buenos Aires.

♦ Young O.R. (1980) "Un panorama de la Teoría general de sistemas", AATGSC-GESI, Buenos Aires.

REFERENCIAS

♦ AATGSC (1987) "Mensaje del GESI en su 11° aniversario", Asociación Argentina de Teoría General de Sistemas y Cibernética, Buenos Aires.

♦ Costanza R. y L. Wainger, "No Accounting for Nature: How Conventional Economics Distorts the Real Value of Things", The Washington Post, Washington, D.C., 2 de septiembre de 1990)

♦ Cuadernos Summa-Nueva Visión N°6, (1968) "Panorama de la arquitectura norteamericana actual", Ed.Nueva Visión, Buenos Aires.

♦ De Rosnay, J. (1979). "The Macroscope: a New World Scientific System". Joël de Rosnay. Edición web, consulta 17/01/2009. http://pespmc1.vub.ac.be/macroscope/.

♦ Eco U. (1986). "La estructura ausente. Introducción a la semiótica". Ed. Lumen, Barcelona.

♦ F.A.A. (1984) Servicio Meteorológico Nacional, "Boletín informativo N°6", S.M.N., Buenos Aires.

♦ Fernández M. (1966) "Papeles del reciénvenido", CEAL, Buenos Aires.

♦ Flores S.M. y M.A.Ludueña (1983) "Teoría General de Sistemas y Cibernética", GESI, Buenos Aires.

♦ François Ch. (1985,87,88, 96). En general este capítulo se basa en conferencias del Prof. Lic. Charles François, y en trabajos realizados sobre las mismas. Tucumán, 1985-87-88-96.

♦ GESI (1980) "Cuadernos del GESI N°3", Instituto de Cibernética, Sociedad Científica Argentina.

♦ Gonzalo G.E. (1997) Monografía y ensayo sobre "Confort Higrotérmico", trabajo realizado bajo la supervisión del Dr. Emilio Décima, Tucumán.

♦ Gonzalo G.E. (1991) "Lectura ampliatoria: Introducción a la Teoría General de Sistemas y Cibernética", Guía de Clases, CES, Tucumán.

♦ Higueras E. (1997) Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

♦ Krishnamurti J. (1981) "Krishnamurti y la educación", Sudamericana, Buenos Aires.

♦ Lovecraft H.P. (1972) "El color que cayó del cielo", Minotauro, Buenos Aires.

♦ Monnier A. (1968) "Functions of the nervous system", Vol.I, General Physiology Autonomic Functions, Elsevier Pub. Co., Amsterdam-New York, Chapter 15: Regulation of temperature.

♦ Morín E. (1994) "Introducción al pensamiento complejo", Gedisa, Barcelona.

♦ Mounier E. (1974) "El personalismo", Eudeba, Buenos Aires.

♦ Perera J. (1988 y 1996) "Seminarios sobre Teoría General de Sistemas" y "Módulo I de la carrera de postgrado Magister en Auditoría Energética, FAU-FAZ y FAU, Tucumán.

♦ Pi-Suyer J. (1965) "El pensamiento vivo de Claude Bernard", Losada, Buenos Aires.

♦ PNUMA (2007). "Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4, medio ambiente para el desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

♦ Ramón F. (1976) "Confort térmico en una situación urbana", Gráfica Hernández, Madrid.

♦ Sabato E. (1977) "Abadón el exterminador", Sudamericana, Buenos Aires.

♦ Senge P. (1995) "La quinta disciplina en la práctica", Granica, Barcelona.

♦ Van Etgen R. (1968) "Automation et Cybérnetique, Gérard et Cie., Bélgica.

♦ Von Bertalanffy L. (1968) "General System Theory", Ed.Third Printing, USA.

♦ World Commision on Environment and Development (1987). "Our common future", Oxford University Press. Oxford.

♦ Wiener N. (1948) "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine", The Technology Press of MIT, Cambridge, Mass, 1948. Además en Wiener N. y Shade J.P., "Nerve, Brain and Memory models", Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1963.

♦ Zucchi H. (1993) "Ramificaciones", Edición de autor, Tucumán.

3 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS Y SISTEMAS URBANOS

El desafío más difícil en materia de políticas públicas será el de la distribución. Si bien todos corremos un riesgo potencial de sufrir una catástrofe, la distribución de los costos y beneficios a mediano y corto plazo estará lejos de ser uniforme.
El desafío distributivo se hace particularmente difícil porque quienes han sido en gran parte causantes del problema –los países desarrollados– no serán quienes sufran las peores consecuencias en el corto plazo.
Programas N.U. para el Desarrollo y el M.Ambiente (2007)

"...se destaca el uso racional de energía por su contribución a mejorar la situación respecto a todas las dimensiones: aumenta la productividad económica, reduce la exposición al riesgo de racionamientos o de aumento de costos de los insumos energéticos, aumenta la eficiencia productiva del sector energético, mitiga la contaminación, permite conservar recursos naturales y hasta reduce los gastos de los hogares".

OLADE-CEPAL-GTZ

AHORRO DE ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS: MEDIDAS GENERALES

La mayor parte de este capítulo está basada en un libro anterior (Gonzalo G.E., 1991) y su finalidad es brindar una extensa serie de pautas para el diseño de edificios y la elección de su equipamiento.

Se deben evaluar en la construcción de nuevos edificios los costos energéticos de base de los materiales que van a intervenir en la construcción y aconsejar al respecto. Por ejemplo, la decisión de techar un barrio de viviendas con chapas de zinc en vez de aluminio, tomada exclusivamente desde el punto de vista energético, disminuye el costo de energía de base en un 33% y en el caso del ladrillo común en vez del cerámico hueco en un 25% aproximadamente.

Un análisis completo de las carpinterías y sobre todo de las impermeabilizaciones para juntas de puertas y ventanas que se encuentran en el mercado, en cuanto a su duración, facilidad de aplicación, forma de instalación y efectividad a largo plazo, puede ser realizado por laboratorios oficiales y organismos relacionados con la edificación a fin de proponer a los usuarios estos tipos de soluciones que al bajar en gran medida la infiltración, pueden ayudar a controlar el principal factor de pérdida o ganancia energética de un edificio.

Realizar un calendario anual de mantenimiento para los edificios públicos y proponer medidas similares para los privados, estableciendo cada una de las tareas mensuales a realizar, de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar, puede ayudar a economizar energía y facilitar la toma de conciencia sobre los aspectos energéticos. El mantenimiento adecuado dependerá, en el caso de los edificios nuevos, de la calidad de los materiales empleados en su construcción, el uso adecuado de aislaciones, la corrección de las terminaciones y equipamiento, el correcto diseño global y de las instalaciones en particular; pudiéndose ajustar en forma mucho más precisa el modelo.

Sólo a título de ejemplo, C.M.H.C., la agencia canadiense relacionada con créditos hipotecarios para construcción, tiene hace muchos años una serie de instructivos y folletos de difusión aplicados al uso racional de la energía (URE) en remodelaciones de viviendas a ser realizadas directamente por el usuario.

En ellos establece que: "la buena noticia es que prácticamente todos los trabajos de remodelación presentan la oportunidad de introducir medidas de conservación de energía, que pueden hacer que las refacciones se paguen por sí mismas". (CMHC, 1986)

Fig.3.1 Controlar las pérdidas de calor en invierno y el ingreso del mismo en verano a través de muros, pisos, techos y aberturas.

Para ello:

1.- Aislar muros y techos.

2.- Colocar burletes en puertas y ventanas.

3.- Utilizar aislaciones móviles en ventanas, colocándolas durante la noche en el invierno y desde el mediodía en verano.

4.- Utilizar cortinados interiores en aberturas vidriadas.

5.- Al comprar puertas placadas, elegir las que tienen aislación entre las placas.

Colocar controles ajustables de velocidad para ventiladores y bombas que deban aplicarse a operaciones con cargas variables, que se presentan en la mayoría de los casos, puede ser otra manera de obtener sustanciales ahorros. De acuerdo a estudios realizados por BC Hydro de Canadá (B.C.Hydro, 1989), el costo de estas mejoras tienen en promedio un plazo de amortización simple de sólo 1,7 años, debido al elevado ahorro energético que representa.

Otro de los sistemas de aplicación sugerida es el de la bomba de calor. El funcionamiento de la bomba de calor es similar al de una heladera y consiste en transmitir, mediante bombeo, el calor del medio ambiente a un cuerpo con temperatura más alta.

Este dispositivo, propuesto en 1852 por Lord Kelvin y que él denominara "multiplicador de calor", efectúa un ciclo termodinámico inverso o bien un proceso cíclico inverso, comparado con el que se cumple en centrales eléctricas y nucleares. Si bien este sistema está difundido en el mundo en el ámbito doméstico, su aplicación no está difundida en el área comercial e industrial en donde su utilización, sumada al uso de sistemas energéticos "en cascada", podría ahorrar enormes cantidades de energía.

Suecia, por ejemplo, adoptó un modelo para el URE consistente en una importante campaña informativa para estimular el ahorro voluntario de los usuarios, coordinada por un Comité para el Ahorro Energético. Se induce, a través de esta campaña, al cambio de costumbres en el uso de la calefacción, el agua caliente y la ventilación; y se aportan las medidas técnicas para realizar modificaciones. Además, ahorros en el transporte, en el uso de artefactos eléctricos y mecánicos del hogar y uso de aislaciones eficientes en la envolvente de los edificios. El objetivo principal de este modelo es conseguir la disminución del consumo de energía por medio de medidas voluntarias adoptadas por los mismos consumidores, demostrando las ventajas, tanto para la economía privada como para la empresa, que tienen la mayoría de las medidas de ahorro, así como los tipos de medidas adecuadas y la forma para llevarlas a la práctica. (Byman D. y J.E.Furubo, 1980)

Los servicios de información energética por teléfono, como servicio sin cargo y con llamada libre, funcionan en la mayoría de los estados de EE.UU., Canadá y algunos países Europeos. Facilitan información y proponen soluciones frente a problemas como: eficiencia energética de equipos domésticos, problemas de condensación, chimeneas, calentamiento de agua, diseño de nuevas viviendas y edificios, uso de la energía solar, etc.

Establecer un sistema de consulta energética, atendido por especialistas en dichos temas, es una variable de comprobada efectividad, permite dar soluciones inmediatas a la mayoría de los casos e iniciar auditorías y plantear soluciones a través de organismos especializados, cuando la complejidad del caso lo requiere.

Realizaremos a continuación un listado parcial de las principales medidas de carácter general y particulares, que se pueden aplicar para el

URE en la edificación, aclarando que algunas de estas medidas son de aplicación específica para determinadas condiciones climáticas, por lo que su aplicación deberá corresponder a un estudio particular para esa situación:

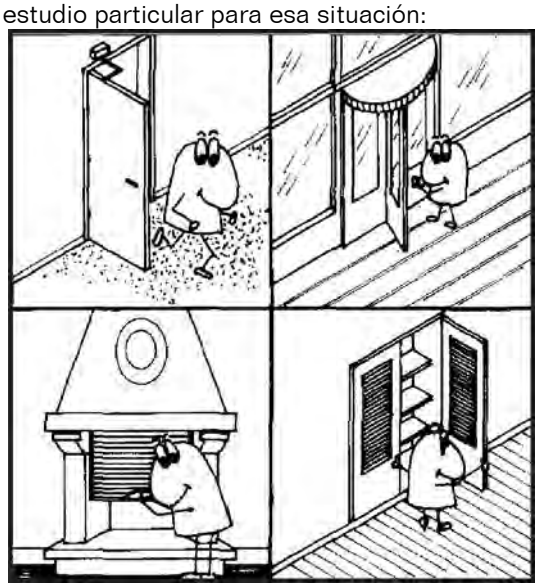


Fig.3.2 Mantener bien cerradas las puertas y ventanas, ya que por ellas se pierde o se gana la mayor cantidad de energía en un edificio cuando no se lo desea. Utilizar puertas automáticas o giratorias en accesos principales. Cerrar aberturas que puedan facilitar el efecto chimenea en invierno. Clausurar habitaciones y armarios que no se utilicen.

Un análisis completo de las carpinterías y sobre todo de las impermeabilizaciones para juntas de puertas y ventanas que se encuentran en el mercado, en cuanto a su duración, facilidad de aplicación, forma de instalación y efectividad a largo plazo, puede ser realizado por laboratorios oficiales y organismos relacionados con la edificación, a fin de proponer a los usuarios estos tipos de soluciones que al bajar en gran medida la infiltración, pueden ayudar a controlar el principal factor de pérdida o ganancia energética de un edificio.

La infiltración es uno de los principales factores de pérdida de energía en el invierno y de ganancia en el verano. Este factor toma mayor importancia cuando el edificio está acondicionado, por lo que se aconseja prestar especial atención a este problema.

SÍNTESIS DE MEDIDAS GENERALES

• Utilizar carpinterías con alta eficiencia de cierre, tales como las de doble contacto con burletes.

• Colocar burletes en puertas y ventanas existentes.

• Colocar aislamiento en puertas placadas.

• Utilizar aislamientos móviles en ventanas, colocándolas en el invierno durante la noche y desde el mediodía a la noche en verano.

• Proteger las ventanas con parasoles de los rayos solares directos.

• Utilizar colores claros y materiales de capacidad térmica baja para las celosías y protecciones solares.

• Cerrar las aberturas que puedan facilitar el efecto chimenea en invierno.

• Clausurar habitaciones y armarios que no se utilicen.

• Colocar cortinas interiores en ventanas.

• Realizar una correcta apertura de ventanas y protecciones solares móviles, de acuerdo a las características climáticas estacionales y del día en particular.

• Colocar aislaciones adecuadas a la envolvente, teniendo cuidados especiales en edificios existentes por la posible condensación intersticial.

• Utilizar correctamente la vegetación exterior (árboles y plantas), a fin de proteger al mismo de la radiación solar en verano, facilitando la ventilación natural y permitir la máxima penetración solar durante la estación fría.

• Permitir una adecuada ventilación del entretecho o ático en el verano.

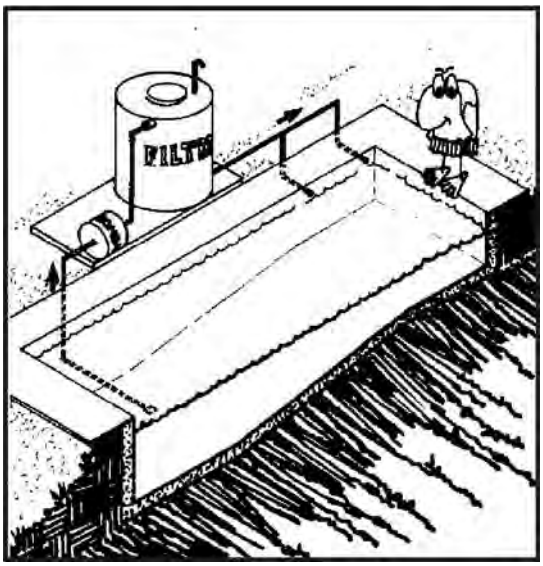


Fig.3.3 En piscinas, instalar equipos de recirculación con filtrado intermedio. De esta manera se ahorra en el consumo de agua corriente y en el mantenimiento de la piscina.

• Utilizar campanas con extractor en cocinas y extractores en baños y lavadero.

• Contemplar la posibilidad de instalar un ventilador-extractor grande en la parte más alta del edificio, o bien aprovechar conductos de ventilación o cajas de escaleras para facilitar la ventilación en verano, clausurando los ingresos a estos conductos en invierno.

• Disminuir o anular los puentes térmicos entre paredes y pisos.

• Analizar y comparar los costos energéticos antes y después de aplicar medidas conservacionistas.

Sistemas de calentamiento-enfriamiento

• En caso de tener sistemas de acondicionamiento de aire, regular el termostato a una mayor temperatura en verano y menor en invierno, consiguiendo igual confort mediante una vestimenta adecuada.

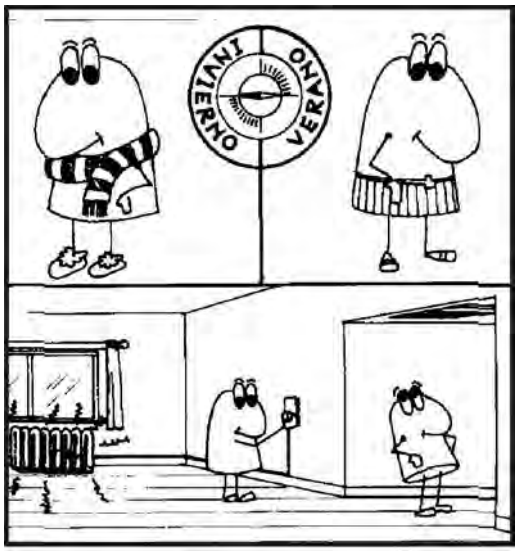


Fig.3.4 Regule los termostatos de su sistema de calefacción y enfriamiento, adecuados a la situación de verano e invierno, consiguiendo también una situación de confort con vestimenta apropiada. Coloque los termostatos alejados de puertas, ventanas, lámparas, televisores, etc. Instale controles automáticos para el cierre de sectores que no se utilicen como pasillos, depósitos, etc.

• En caso de calefacción por radiadores: drenar el aire o el agua de los tubos de vapor o radiadores; pintar los radiadores con esmalte en vez de pinturas sin lustre, limpiar con frecuencia las superficies de los radiadores, colocar una plancha reflejante detrás del radiador a efectos de disminuir las pérdidas por calentamiento de la pared.

• Realizar un control permanente de los filtros del sistema de acondicionamiento del aire.

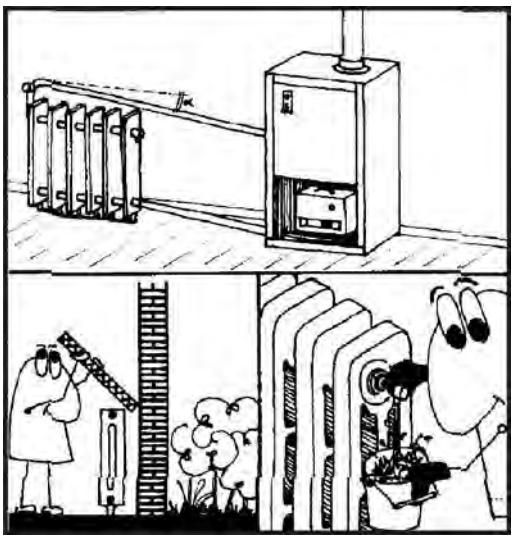


Fig.3.5 Si calefacciona con radiadores de agua o aire: Interponga una placa aislante, entre estos y el muro en el cual se apoyan, más aún, si el muro da al exterior, realice modificaciones para que el condensado retorno a la caldera o termotanque, y no olvide apagar los radiadores, la presencia de agua o aire en las serpentinas reduce sensiblemente su rendimiento calorífico. Mantenga bien pintados los radiadores con esmalte sintético, no con pinturas sin lustre.

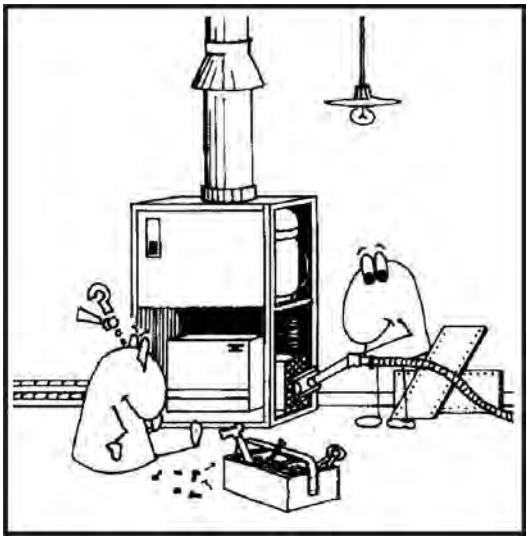


Fig.3.6 El mantenimiento de los equipos para calefaccionar o enfriar es indispensable para un buen rendimiento de los mismos. Especialmente en tiempos que no los use, hágalos revisar, controle en forma permanente sus filtros y hágalos limpiar.

• En caso de oficinas y locales comerciales, desconectar los sistemas de acondicionamiento del aire durante la noche y los fines de semana.

• Instalar controles automáticos para el cierre de sectores que no se utilicen.

• Realizar modificaciones para que el condensado vuelva a la caldera.

• Drenar periódicamente los sedimentos del termotanque y limpiar las serpentinas del calefón.

• En pasillos, depósitos, comedores, etc.; disminuir o anular la calefacción y refrigeración.

• Utilizar al máximo las posibilidades de la ventilación natural y enfriamiento estructural nocturno para disminuir el consumo energético para refrigeración.

Fig.3.7 En tiempos no muy fríos, evite mantener la calefacción general del edificio encendida. Es preferible tener un poco de calor como una estufa, salamandra, hogar, etc. en el que coincida toda la familia o personal en actividad para así ahorrar energía.

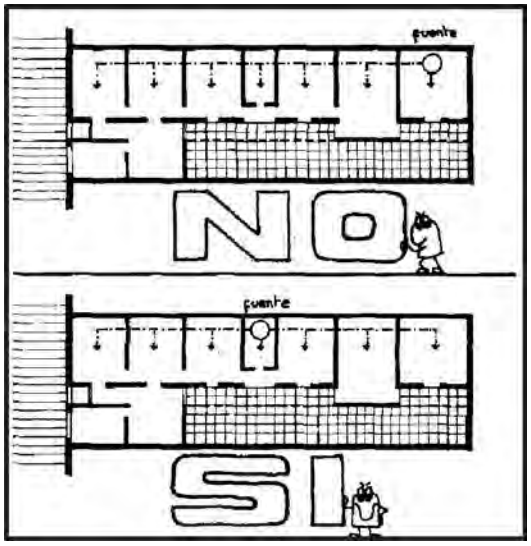


Fig.3.8 Un correcto diseño de las instalaciones permite importantes ahorros de energía. Ubique las fuentes de calor o frío lo más cercanas posible a los lugares de consumo.

• Utilizar preferentemente sistemas a gas y no eléctricos.

• Colocar carteles de cierre de puertas y ventanas en locales acondicionados.

• Instalar intercambiadores de calor para precalentar o enfriar el aire de renovación en sistemas de aire acondicionado central.

• Usar preferentemente refrigeración central con sistema de distribución con agua en vez de aire.

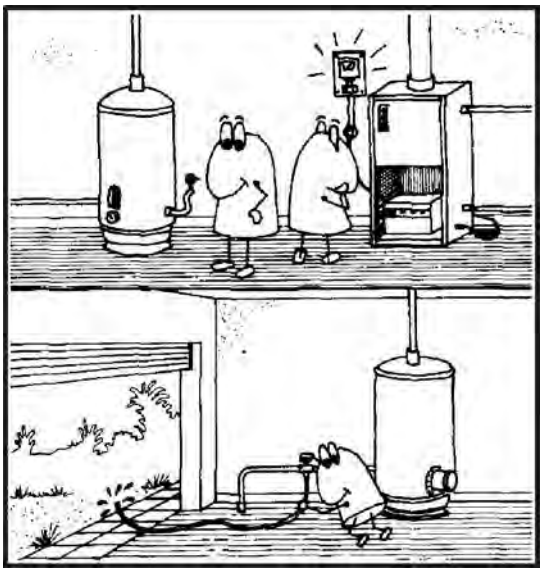


Fig.3.9 Realice un mantenimiento adecuado de calderas y termotanques.

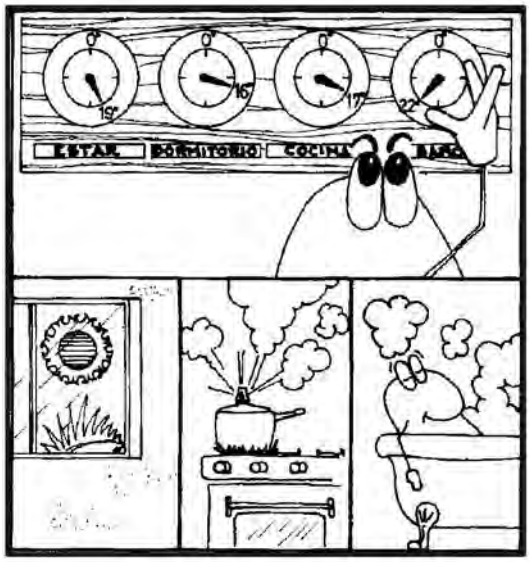


Fig.3.10 Las necesidades de calor o frío no son iguales para todas las dependencias de un edificio. Debe regular la temperatura en cada local. En el caso de calefacción recuerde que a veces contamos con calor adicional como el que se desprende de una cocina o el vapor de un baño.

• En edificios importantes, instalar computadoras para el control de los sistemas de acondicionamiento del aire y protecciones automáticas de ventanas.

• Utilizar equipos con sistema de bomba de calor para calefaccionar y refrigerar, sobre todo si la temporada fría es importante.

• Reemplazar equipamientos obsoletos por sistemas nuevos de mayor eficiencia.

• Determinar la infiltración del edificio y estimar luego el caudal de aire de renovación del equipo de aire acondicionado.

• Considerar la instalación de un precalentador o calentador de agua caliente, mediante el calor de desecho de hornos, incineradores, compresores de unidades refrigerantes, retorno de condensado de sistemas operados a vapor y el uso de colectores solares.

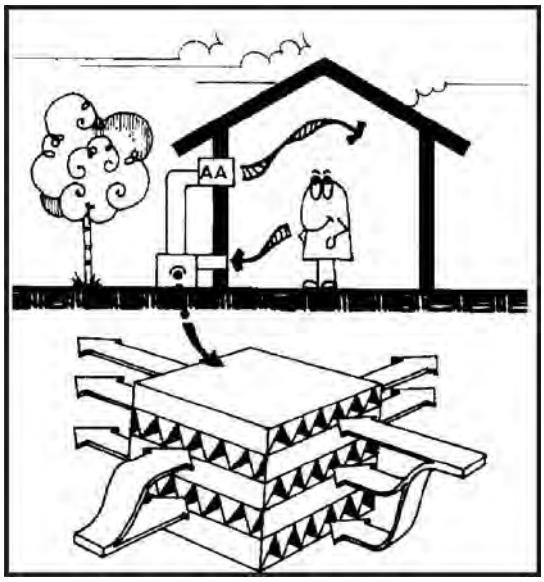


Fig.3.11 Instalar intercambiadores de calor para precalentar o enfriar el aire de renovación en sistemas de aire acondicionado central.

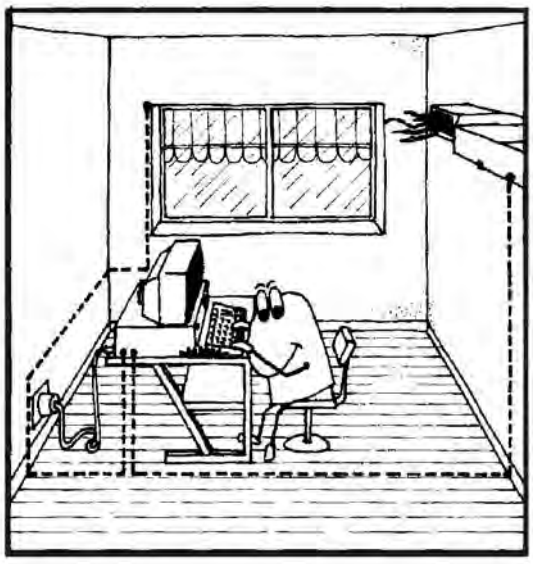


Fig.3.13 En edificios importantes, instalar computadoras para el control de los sistemas de acondicionamiento del aire y protecciones automáticas de ventanas.

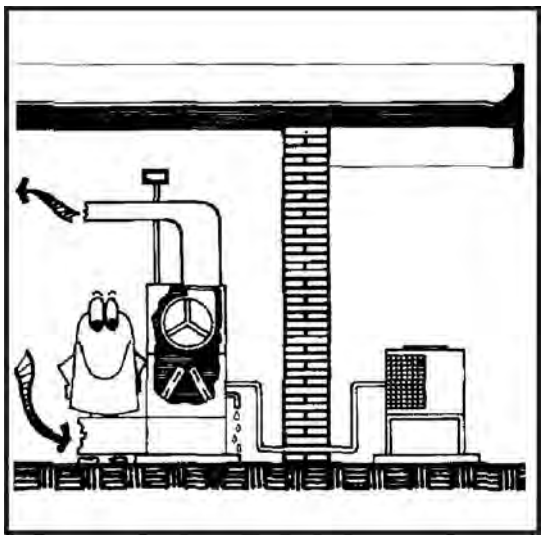


Fig.3.12 Utilizar preferentemente refrigeración central con sistemas de distribución con agua en vez de aire.

Fig.3.14 Utilice preferentemente equipos con sistemas de bomba de calor. La bomba de calor usa la energía térmica del ambiente exterior.

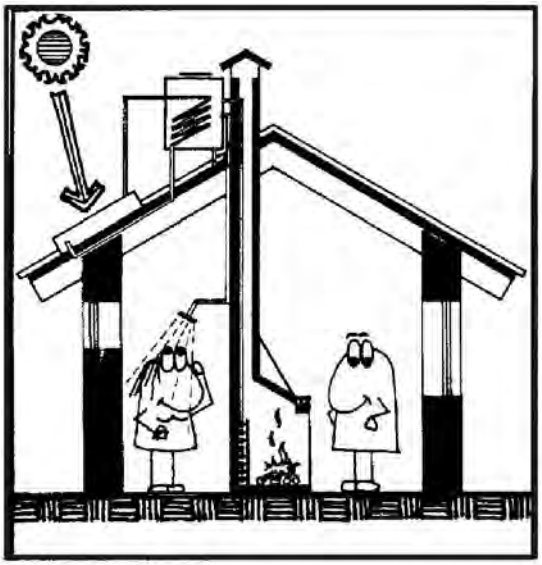


Fig.3.15 Considerar la instalación de un precalentador o calentador de agua caliente, mediante el calor de desecho de hornos, incineradores, compresores de unidades refrigerantes, retorno de condensado de sistemas operados a vapor y el uso de colectores solares.

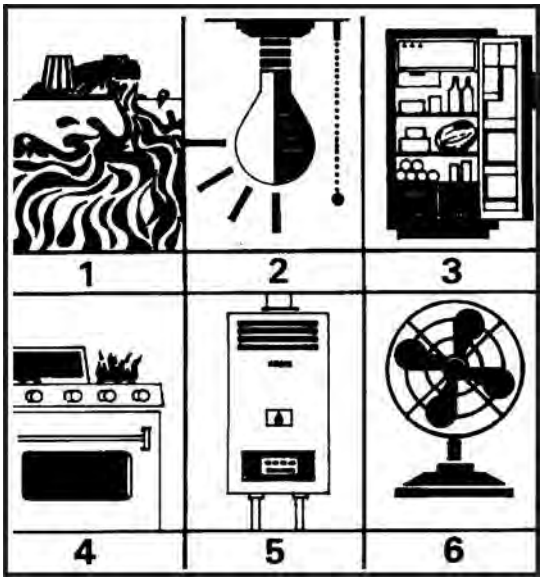


Fig.3.16 Use correctamente las instalaciones y electrodomésticos de su edificio o vivienda:

1.- No derroche el agua y repare las canillas que goteen.

2.- Apague las luces que no necesita y minimice su uso en la temporada cálida.

3.- No abra innecesariamente la heladera.

4.- No mantenga encendidas las hornallas de la cocina inútilmente.

5.- Apague el piloto del calefón si no lo usa.

6.- No deje funcionando aparatos si no los utiliza.

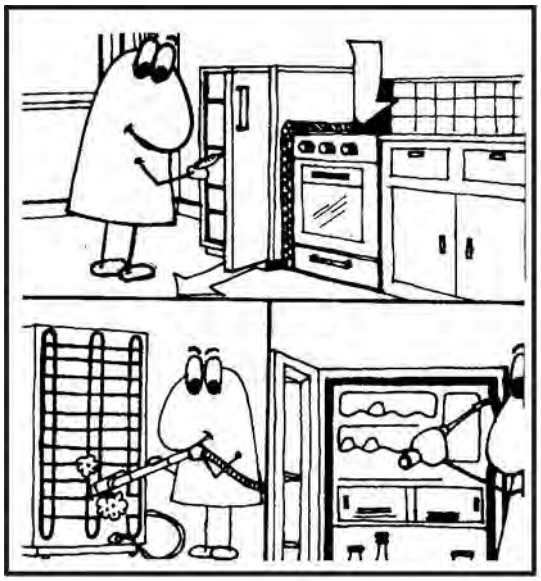


Fig.3.17 Verifique que la temperatura de su refrigerador sea adecuada y no excesiva. La formación de hielo en exceso reduce su rendimiento. Descongele regularmente la nevera. Permita una buena circulación de aire en la parte trasera de su heladera ya que allí se encuentra el radiador. Recuerde siempre mantener limpia la serpentina. Si su heladera está al lado de la cocina, interponga una placa aislante entre ambas para evitar que trabaje en exceso. El burlete de goma de la puerta de su heladera debe estar siempre en buenas condiciones.

- Limpiar periódicamente los serpentines del condensador de la heladera.
- Colocar la heladera en el lugar más fresco posible.
- Colocar aislamiento suplementario en termotanques y en cañerías de distribución de agua caliente.
- Para calentar agua elija sistemas a gas ya que son más económicos que los eléctricos, para calderas, calefones, termotanques, etc. Realice un mantenimiento periódico de las instalaciones de agua caliente, no olvide purgar las cañerías para extraer sedimentos o incrustaciones.
- Colocar las fuentes de calor y frío lo más cercanas posible a los lugares de consumo.
- Minimizar el uso de luces en la temporada caliente.
- Utilizar ventiladores de techos en lugar de los de pié para ventilar, sobre todo en locales con altura de cielorraso importante.
- Colocar una plancha aislante reflectiva en la base del termotanque.

• Controlar los burletes y el cierre en heladeras y cocinas.

• Limpiar periódicamente los serpentines del condensador de la heladera y colocar la misma en el lugar más fresco posible.

• Colocar aislamiento suplementario en termotanques y en cañerías de distribución de agua caliente.

• Para calentar agua elija sistemas a gas ya que son más económicos que los eléctricos, para calderas, calefones, termotanques, etc. Realice un mantenimiento periódico de las instalaciones de agua caliente, no olvide purgar las cañerías para extraer sedimentos o incrustaciones.

• Utilizar regaderas pequeñas en la ducha.

Fig.3.18 Recuerde que ducha de cinco minutos es más económica que un baño de inmersión. Utilice flores de ducha pequeñas. Verifique que la temperatura del agua esté adecuada a su gusto, si la enfría mezclándola con agua fría está derrochando inútilmente la energía.

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

• Apagar las luces que no se necesiten y remover las lámparas que no se usen.
• Si se usa tubos fluorescentes, tratar de no encenderlos y apagarlos en períodos breves (disminuye su vida útil)
• Colocar el nivel de iluminación adecuado a la tarea a realizar, aprovechando al máximo la luz natural.
• Utilizar colores claros en paredes interiores y muebles, a efectos de incrementar la reflexión interna de la luz.

• Utilizar lámparas de mayor rendimiento luminoso.

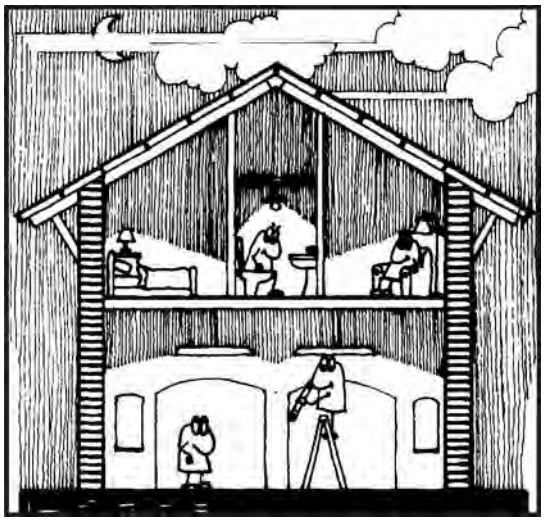


Fig.3.19 Adecue la potencia de las lámparas a las necesidades reales de cada local. Agrupe funciones que requieran el mismo nivel luminoso. Utilice preferentemente iluminación fluorescente, tienen mejor rendimiento que las incandescentes, pero trate de no prenderlos y apagarlos en periodos breves, ya que esto disminuye su vida útil.

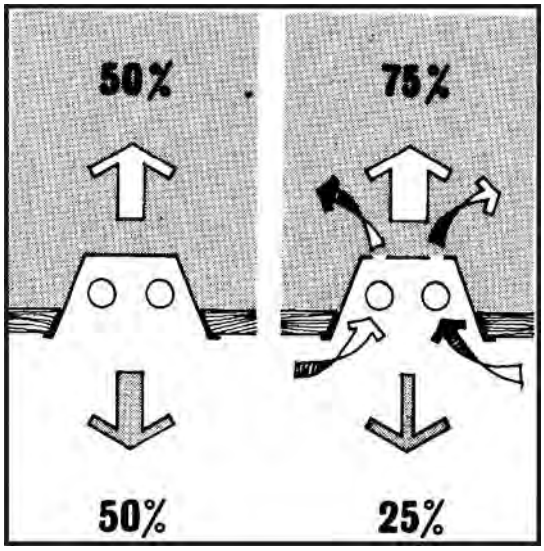


Fig.3.20 En sistemas de iluminación trate de que ingrese al ambiente la luz y no el calor que producen las luminarias (en caso de que la situación climática así lo exija)

• En el caso de edificios públicos o de oficinas, planificar la limpieza de los mismos a fin de que se pueda realizar con luz natural, o establecer el encendido de luces en la zona en que se está limpiando solamente.

• Utilizar fotocélulas para prender y apagar luces exteriores y en estacionamientos.

• Colocar carteles indicadores para el apagado de luces y ventiladores al salir de un local.

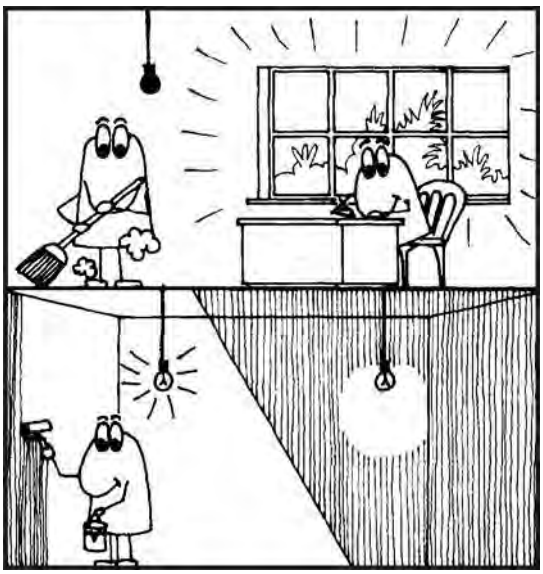


Fig.3.21 Siempre que sea posible utilice iluminación natural ya que cansa menos la vista y es gratis. En muros interiores utilice colores claros porque reflejan la luz. En edificios públicos o de oficinas, planifique la limpieza de los mismos a fin que pueda realizarse con luz natural, o establecer el encendido de luces solo en la zona que se está limpiando.

• Distribuir el mobiliario a fin de obtener el máximo de rendimiento de las fuentes de luz natural y artificial.
• Agrupar funciones que requieran el mismo nivel luminoso.
• Utilizar fuentes luminosas direccionales, puntuales, individuales, reduciendo el nivel de iluminación general.
• Realizar la limpieza e inspección de lámparas regularmente.
• Instalar capacitores para corregir el factor de potencia de la instalación eléctrica.
• Reemplazar equipamientos obsoletos por sistemas nuevos de mayor eficiencia.
• Seleccionar lámparas de alta eficiencia o cambiar por ellas cuando se deban reemplazar.
• En instalaciones con lámparas incandescentes, utilizar lámparas de alta potencia en lugar de muchas de baja potencia.
• Utilizar lámparas de escritorio en vez de altos niveles de iluminación general.

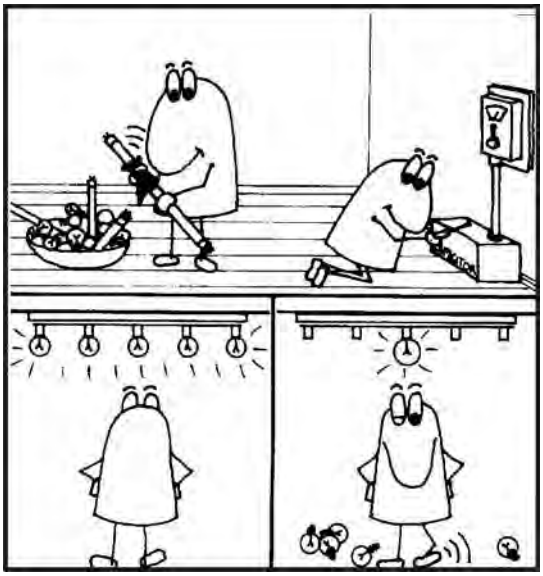


Fig.3.22 Realice la inspección y limpieza de lámparas regularmente. Instale capacitores para corregir el factor de potencia de su instalación eléctrica. En instalaciones con lámparas incandescentes, utilice lámparas de alta potencia en lugar de muchas, de baja potencia.

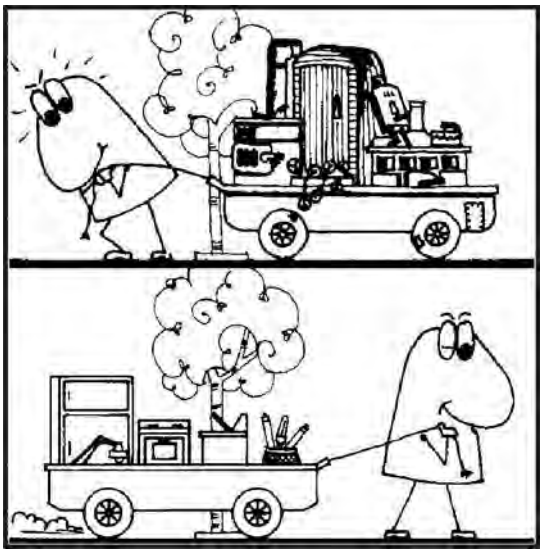


Fig.3.23 Reemplazar equipamientos obsoletos por sistemas nuevos de mayor eficiencia, en iluminación, calefacción, enfriamiento electrodomésticos, etc. Antes de comprar solicite folletos de fábrica y lea atentamente las características de consumo de los artefactos o consulte a un especialista.

• En verano, con un mayor nivel de iluminación natural, utilizar lámparas de menor potencia, disminuyendo además la carga térmica.

• Utilizar lámparas direccionales en vez de haz abierto para tareas que se realicen en un lugar determinado.

• Antes de comprar lámparas y luminarias para recambio, lea cuidadosamente las características técnicas y consumo de las mismas.

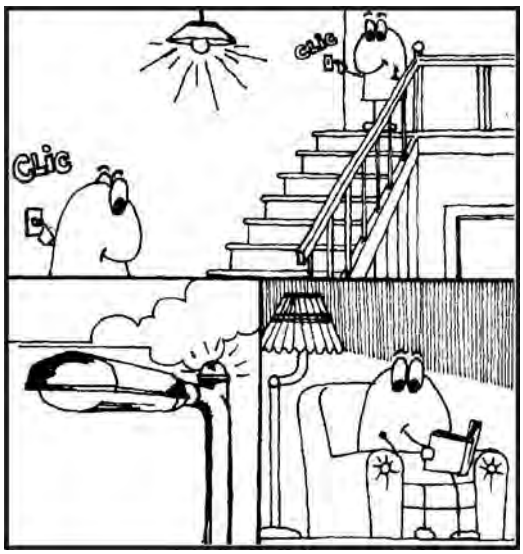


Fig.3.24 En trayectos de paso coloque llaves de combinación para no dejar lámparas encendidas inútilmente. En exteriores y estacionamientos utilice fotocélulas para prender y apagar luces. Utilice fuentes luminosas puntuales, individuales, reduciendo el nivel de iluminación general.

ACTIVIDADES DOMÉSTICAS

• Utilizar preferentemente equipos a gas y no eléctricos.

• Antes de comprar equipamiento doméstico, lea atentamente las características de consumo de los mismos.

• Lavar la ropa solamente cuando se pueda completar una carga.

• Si hay mucha radiación solar, no utilizar centrifugado o secado de la ropa.

• Cocinar varias comidas a la vez para aprovechar el calor del horno.

• Usar ollas que tapen bien u ollas a presión para cocinar.

• Reparar las canillas que goteen.

• Tomar duchas de cinco minutos en lugar de baños de inmersión.

• Lavar la vajilla llenando la bacha de la cocina en vez de bajo la canilla abierta.

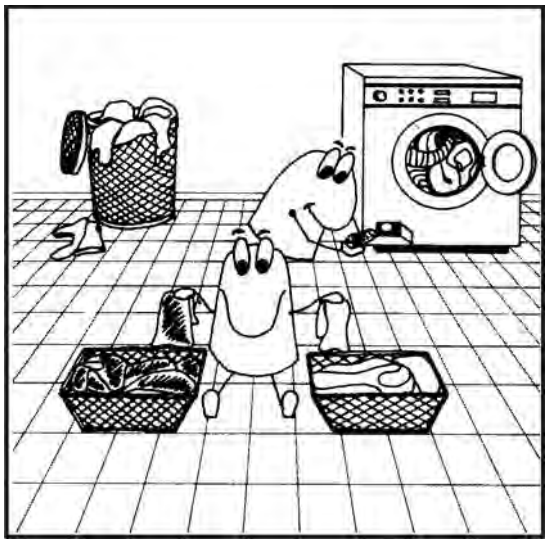


Fig.3.25 Espere a juntar una carga completa para iniciar la tarea así la máquina funcione a pleno rendimiento: lavarropas, secarropas, o lavavajillas. Agrupe la ropa en categorías, de acuerdo a la suciedad (lavado) o humedad (secado), así utiliza tiempos adecuados de lavado o secado para cada grupo. Respete las instrucciones de mantenimiento de sus equipos, limpie regularmente los filtros.

• Utilizar preferentemente agua fría o tibia para el lavado de ropa, con detergentes adecuados.

• Separar la carga de ropa para el secarropa entre aquellas que requieran mayor o menor tiempo de secado.

• Efectuar el menor número posible de apertura de la heladera y por el menor tiempo posible.

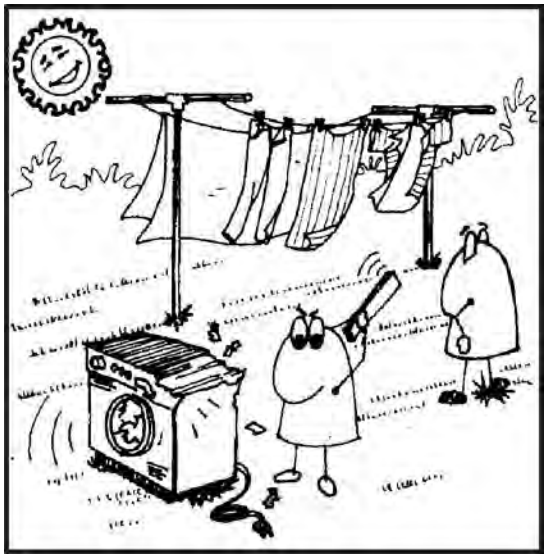


Fig.3.26 Elija secarropas con centrifugado sin resistencia eléctrica para calor ya que son muy caros en consumo. Aproveche siempre que pueda y seque la ropa con el sol.

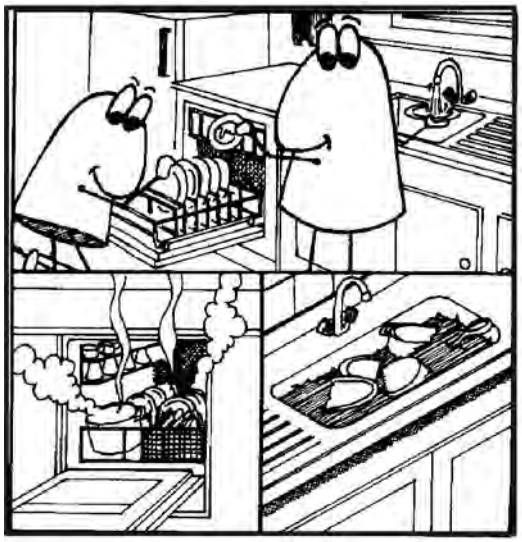


Fig.3.27 Cuando la vajilla esté muy sucia, enjuáguela con agua fría antes de ponerla en la máquina. Interrumpa unos minutos antes de la función de escurrimiento para que la vajilla se seque al aire libre. Si no tiene lavavajillas, lávela llenando la bacha de la cocina en vez de bajo la canilla abierta, y utilice agua fría o tibia para la ropa con detergentes adecuados.

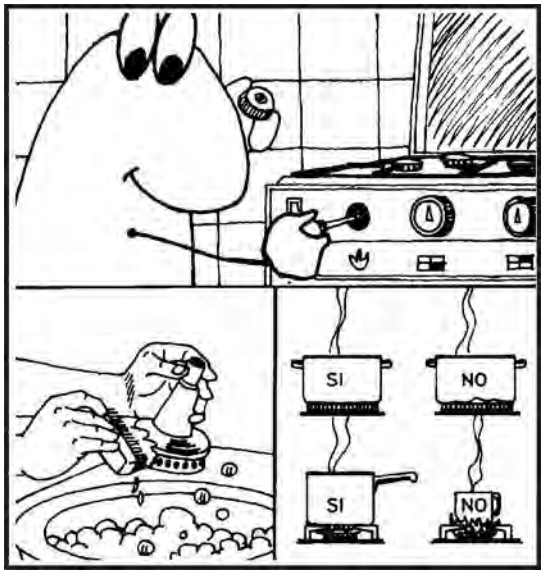


Fig.3.28 Limpie periódicamente los quemadores de su cocina de gas o las placas de cocción si es eléctrica. Regule adecuadamente la llama de los quemadores y al cocinar aproveche al máximo las posibilidades de del equipo. La medida de los utensilios deber ser adecuada al quemador o gas o placa eléctrica. En estas últimas no utilice recipientes que no tengan la base totalmente plana sin abolladuras. Utilice vasijas de cristal o cerámica para hornear.

• Realizar la limpieza del hogar en lo posible con agua fría.

• Preferentemente no usar cocina con piloto de llama y mantener siempre limpios los reflectores y quemadores de la cocina.

• Utilizar vasijas de cristal o cerámica para hornear.

• Utilizar preferentemente las hornallas de la cocina para la cocción de alimentos, en lugar del horno.

• Quitar los sobrantes de alimentos de los platos antes de lavarlos.

• Preferir las heladeras de deshielo manual y efectuar el mismo cuando vea que el congelador tiene una capa de hielo superior a 5 mm.

• Remojar la ropa antes de lavarla.

• Sacar del secarropa las prendas que luego van a ser planchadas antes de que estén totalmente secas.

El grupo Epsilon de Innovaciones Energéticas (Epsilon, 1982) plantea un "Test de la Inteligencia Energética" donde establece puntaje para un listado de preguntas, de modo que el usuario pueda autocalificarse. Parte de este examen se muestra a continuación:

ILUMINACIÓN

Acostumbra a apagar la luz cada vez que sale de una habitación (20).
Hay tubos fluorescentes en el lavabo (10).
Hay tubos fluorescentes en la cocina (15).
Ha reemplazado varias lámparas incandescentes de bajo voltaje por una lámpara que da igual luz con menor voltaje (12).
Limpia regularmente las lámparas (10).
Las paredes son de colores claros (20).
Las paredes son de colores oscuros (-20).
Durante las horas de sol aprovecha la luz natural en casi todas las habitaciones (30).

ELECTRODOMÉSTICOS

Apaga el televisor y el aparato de audio cuando no los escucha (20).
Se queda dormido usualmente con el televisor encendido (-25).
La nevera está situada en un sitio fresco (6).
La nevera tiene descongelador manual (12).
Abre poco la puerta de la nevera (6).
Descongela la nevera regularmente (6).
Limpia la parte posterior de la nevera tres veces al año (6).
La puerta de la nevera cierra herméticamente (10).
Enfría las comidas calientes antes de introducirlas a la nevera (4).

Utiliza en la lavadora más detergente del que indica el fabricante (-10).
La lavadora está bien nivelada (3).
Usa la lavadora con el máximo de carga que el aparato permite (15).
Hay en la casa lavavajillas (-40).
Hay en la casa un secarropa a gas o eléctrico (-30).
Revisa el filtro del lavavajillas (5).
Utiliza el lavavajillas con el máximo de carga permitido (15).
Apaga la plancha cuando no la utiliza (10).
A menudo olvida apagar la plancha (-15).
La cocina es eléctrica (-25).
Para hervir líquidos, tapa el recipiente (5).
Los quemadores y reflectores de la cocina están siempre limpios (12).
Utiliza la cocina sólo para calentar el ambiente (-20).
Emplea ollas a presión (4).
Tiene un horno microondas (12).

Se podrían indicar muchas más estrategias que aplicadas a edificios públicos y privados llevarían a sustanciales ahorros energéticos, habiéndose explicitado las principales.

Las condiciones actuales de nuestro país y del mundo hacen que el tema energético en general y el uso racional de la energía en la edificación en particular, se hayan convertido en elementos de primordial importancia. Esto sumado al creciente problema de la contaminación que el consumo energético produce y los cada vez mayores costos de la energía, deberán producir a corto plazo un replanteo global de la actividad de los agentes involucrados en la actividad edilicia y urbana a fin de permitir una mejor distribución de los recursos y una mayor adecuación de la arquitectura a las condiciones del sitio y clima, tendiente al mejoramiento de la calidad de vida de la población. Y esto se convertirá en la "modernidad" apropiada para los aspectos energéticos en arquitectura.

AUDITORÍA ENERGÉTICA

Conscientes de esta problemática y viendo la necesidad de proponer cambios que se consideran imprescindibles, así como de la interacción de otros factores no menos importantes como la aplicación de pautas y estrategias bioclimáticas al momento de proyectar edificios y urbanizaciones, se impulsó la creación de la carrera de postgrado, con título de Magíster, que fue aprobada en 1987 por el Consejo de Graduados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán y por el Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de Tucumán, en 1996. Actualmente se está integrando este Magíster en una propuesta global de la Facultad, para Magíster y Doctorados, donde se incluiría como especialidad la Auditoría Energética.

Esta carrera complementa la materia Arquitectura Bioclimática, que a nivel de grado se dicta desde el año 1989, con una importante participación de alumnos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y algunos de otras disciplinas. Además, con el dictado de los Seminarios de Iniciación en la Docencia e Investigación, que ya tiene más de diez años de dictado en forma ininterrumpida y cuya duración es de un año lectivo. Estos seminarios permiten a los alumnos del último curso y a profesionales arquitectos e ingenieros integrarse a los proyectos de investigación y a algunas actividades docentes, a fin de formarse y realizar proyectos de extensión.

En síntesis, se aspira con estos programas y materias alternativas, a la provisión de información, fundamentos técnicos y práctica de utilización para potenciales auditores energéticos y agentes de aprovechamiento de energías no convencionales, en el diseño, la construcción y el control de edificios y en planificación urbana, dando especial énfasis al tratamiento de la relación clima - hábitat - hombre, como una acción integral y globalizadora del proceso de diseño y no como una especialización técnica de soluciones adosables a las propuestas tradicionales.

El objetivo de promover una nueva política energética con dos grandes ejes de acción, la conservación y uso racional de la energía por un lado y la incorporación de fuentes renovables de energía por otro, es fundamental en las actividades antes descriptas ya que consideramos prioritario fomentar una utilización más reflexiva y prudente de la energía disponible mediante la educación y capacitación de futuros arquitectos, profesionales de otras disciplinas, planificadores y gestores, los que tendrán en sus manos decisiones que afectarán directamente dicho consumo energético.

Si bien es difícil comprobar en forma directa los cambios de actitudes y valores experimentados por los alumnos, ya que éstos

desempeñarán su papel efectivo e influyente en la sociedad después de haber transcurrido varios años, la evaluación parcial de los resultados y participación e interés de los alumnos en la temática permiten vislumbrar los cambios deseados.

Nuestra labor integradora permite que los estudiantes universitarios, futuros decisores sociales, desarrollen actitudes y aptitudes que contemplen los impactos que los usos energéticos producen y actúen en consecuencia con metodologías apropiadas a la localización de sus proyectos y a las personas a las cuales van a ser destinados. Prepara además profesionales de la arquitectura e ingeniería de excelencia en la temática, a fin de producir los cambios conceptuales y metodológicos que la actual situación energética, económica y ambiental nos demanda.

EVALUACIÓN Y AUDITORÍA ENERGÉTICA

El camino para colocar a nuestra región en sintonía con los avances producidos en los países desarrollados en la aplicación de medidas sobre el uso racional de la energía y energías renovables en la edificación, pasa por la definición de metas sectoriales y la búsqueda de los acuerdos necesarios entre los que producen o consumen energías convencionales y los que diseñan y controlan la actividad edilicia, mediante normas y códigos que ayuden a elevar el nivel de conciencia sobre la temática y permitan la aceptación y aplicación generalizada de las posibles soluciones.

Los principales cambios se deben dar en el ámbito educativo, formando desde profesionales especializados, hasta a los usuarios finales, mediante campañas de divulgación, pasando por la adecuada inserción de la temática en las carreras de grado de los profesionales o agentes de control del área edilicia.

También se debe accionar sobre los organismos específicos relacionados con los edificios (Institutos Provinciales de Vivienda, Bancos, Empresas Constructoras, etc.), así como los organismos municipales y de apoyo y control edilicio (Obras públicas municipales, Colegios Profesionales, etc.).

Estos cambios los consideramos necesarios y útiles para mejorar el balance económico-energético en el área edilicia y la calidad de vida de nuestra población.

Además consideramos que este es el momento adecuado para producirlos y que es importante integrarlos en una nueva realidad Latinoamericana, tendiente a un Mercado Común que deberá tener criterios y valores compatibles.

Creemos que ha llegado el momento de que se comience a elaborar una metodología de transferencia, apoyadas por los organismos legislativos, de gobierno y empresas, que permita conformar las guías y normativas ajustadas al tiempo y espacio que transitamos y con la visión necesaria de futuro que las lleve a una paulatina concreción.

Los elementos y relaciones que intervienen en el diseño bioclimático son numerosos y complejos. Una definición proyectual armoniosa entre las condiciones climáticas del medio ambiente exterior a un edificio, los distintos subsistemas de control del mismo y las respuestas fisiológicas y psicológicas de los usuarios, demandará la necesidad de un enfoque holístico que tome en cuenta los distintos elementos climáticos, con sus variaciones diarias y estacionales, y las características del entorno edilicio y la envolvente del mismo, como tamices selectivos, que permitan el ingreso de aquellos elementos beneficiosos para el confort interno, deteniendo o filtrando los perjudiciales.

AUDITORIA ENERGÉTICA Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN S.M.TUCUMÁN

Sobre la base de la metodología, pautas y estrategias aconsejadas en anteriormente, se pueden establecer alguna de las principales medidas a considerar, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y constructivas particulares de nuestra región. (Gonzalo G.E., S.L. Ledesma, V.M. Nota, et al., 2000)

PRINCIPALES MEDIDAS A CONSIDERAR EN UNA AUDITORÍA

1. Establecer modalidades manuales o automáticas para el control solar de ventanas.

En caso de edificios institucionales se tendría un importante ahorro energético si se implementaran programas de apertura y cierre de ventanas para permitir la ventilación natural, así como sistemas para la exclusión o ingreso de la radiación solar (parasoles, cortinas, postigones, etc.)

Estos programas pueden estar a cargo de los encargados del edificio en algunos casos, o bien estar automatizados, cuando la importancia del edificio y el ahorro energético producido así lo aconseje.

En edificios antiguos, se debe considerar siempre el reemplazo de carpintería en mal estado o bien su refuncionalización, adoptando medidas como: cambio de vidriados; agregado de burletes; cambios o agregado de protecciones solares eficientes, diseñadas conforme a la orientación de las ventanas y al uso que van a tener.

2. Prestar especial atención a las pérdidas que se producen en los accesos a los edificios.

Los accesos a edificios, sobre todos comerciales, representan uno de los factores más importantes para el ahorro energético, ya que en caso de no estar convenientemente diseñados (doble puertas, puertas giratorias, puertas con cortinas de aire, etc.), será uno de los principales componentes de las pérdidas energéticas por intercambio del aire interior acondicionado con el aire exterior.

Utilizar vestíbulos, tanto para edificios públicos como privados, que permiten un espacio de transición atemperante, tanto para las diferencias térmicas como lumínicas, entre los espacios exteriores e interiores.

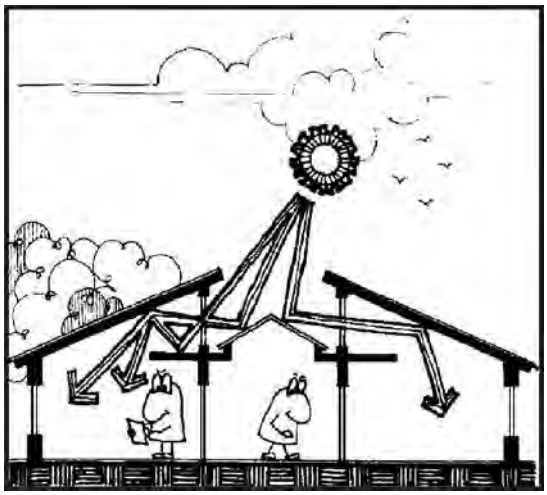


Fig. 3.31 Esquema de iluminación en edificios anchos, por quiebres de techos.

3. Utilizar al máximo la iluminación natural.

Un correcto diseño y uso de las aberturas para iluminar con luz diurna, puede conducir a un importante ahorro energético, en edificios institucionales y sobre todo en edificios de oficinas. Esto implica un control de la radiación solar muy efectivo para el verano y la consideración de sistemas para iluminación indirectos, tales como el quiebre de techos o bandejas reflejantes.

Con respecto a esta pauta debe tenerse en cuenta además que estudios sobre comportamiento de las personas en locales cerrados y con ventanas para visión al exterior, determinaron aumentos en el rendimiento del trabajo de oficina para el segundo caso, lo cual agregaría un elemento más en el balance energético-económico global.

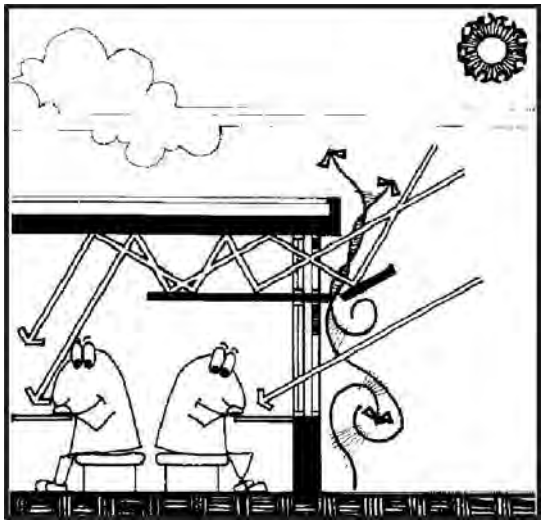


Fig.3.32 Esquema de sistema de iluminación natural por bandeja reflejante. Se mantiene la ventana inferior para ventilación y visuales, con una adecuada protección solar para verano, y en el caso de oficinas con la posibilidad de filtrar la radiación solar y luminosa conforme a las necesidades de los usuarios.

4. Aislación mínima en techos.

En los techos se debe tratar de colocar como mínimo un espesor de 10 cm de material aislante del tipo poliestireno expandido o lana de vidrio, ya que el incremento de costo sobre los 2,5-5 cm habituales se amortiza rápidamente. Esto vale para la zona climática de San Miguel de Tucumán, debiendo incrementarse este espesor en zonas climáticamente más rigurosas.

5. Aislación de techos, muros y pisos.

Se debe tener especial cuidado en el aislamiento de los techos, seguido por pisos y muros. Si bien no es costumbre actualmente en nuestro medio la aislación de pisos (en edificios antiguos se usaba separar el piso del terreno generando una cámara de aire), este componente constructivo tiene una impor-

tante influencia sobre todo en edificios institucionales acondicionados artificialmente, con sótanos o garajes que no están acondicionados.

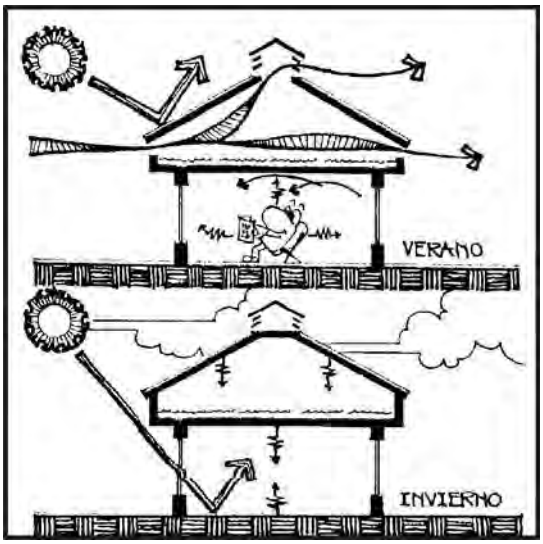
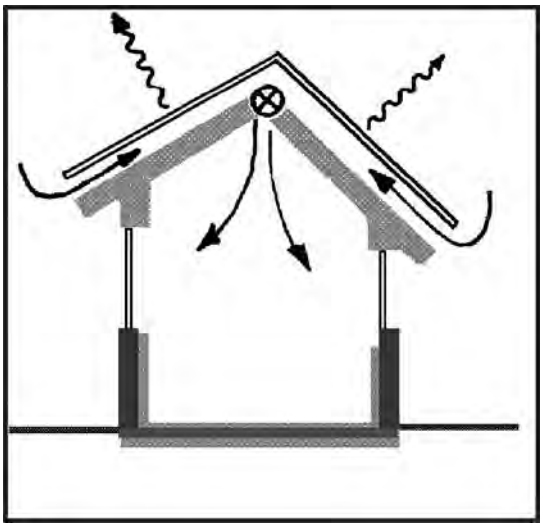


Fig. 3.33 y 3.34 Esquemas de ventilación de ático y uso de la cámara de aire para calefaccionar en invierno y enfriar de noche en el verano.



6. Utilizar los espacios de ático y cámaras de aire en conjunto con los sistemas de acondicionamiento del aire y ventilación.

Siempre es conveniente ventilar adecuadamente los espacios que se encuentran bajo el techo y sobre el cielorraso del piso superior de un edificio. Esto reduce la carga térmica en verano y la posibilidad de condensación en invierno.

Además, según sea el diseño del edificio, se puede utilizar el aire precalentado durante los días soleados de invierno y enfriado durante las noches de verano, para disminuir los consumos de los equipos de acondicionamiento de aire o ventilación.

Se debe tratar de utilizar una lámina reflejante en la parte superior del cielorraso, verificando que la misma no produzca problemas de condensación, ya que permitirá un incremento de la aislación general y protegerá en gran parte el intercambio radiante con el techo caliente.

7. Inspección y relevamiento de cañerías de agua, calefacción, refrigeración, bombas, etc.

Realizar una inspección minuciosa de las cañerías conductoras de fluidos y determinar por distintos métodos la presencia de fugas. Esto permitirá corregir problemas que pueden producir serias patologías edilicias con el tiempo, además de ahorrar en la factura del agua (para el caso de que el edificio cuente con medidor), costos de tratamiento para el caso de agua de calderas y en energía.

Por otra parte se debe considerar la limpieza metódica de algunas cañerías y la instalación de sistemas desincrustantes en otras, sobre todo cuando las características químicas del agua sean propicias a producir este problema.

Sería aconsejable tener un plan de mantenimiento preventivo, conforme a las características del edificio, que deberá ser cumplimentado por el responsable (intendente, conserje, encargado, etc.) mediante planillas realizadas al efecto y bajo su responsabilidad.

8. Reducir la temperatura del depósito de agua caliente a la necesaria para el uso.

La mayoría de las veces, tanto en viviendas particulares como en edificios públicos, comerciales o industriales, la temperatura de almacenaje de agua caliente supera las necesidades de consumo, por lo que es necesario mezclarla durante el uso con agua fría. De este modo se tiene una pérdida energética importante. Conviene entonces establecer la temperatura del depósito a la más aproximada para un eficiente consumo.

Por otra parte, en casos de edificios de oficinas, comerciales e industriales, la temperatura óptima para el depósito de agua caliente va a depender en muchos caos de la temperatura del aire exterior, por lo que sería aconsejable para estos casos instalar un sistema de control automático de temperatura regulado según sea la relación de temperaturas exterior-interior.

9. Instalar temporizadores en sistemas de calentamiento de agua.

Muchos de los edificios del sector terciario tienen horarios discontinuos, inclusive con fines de semana y feriados con carga escasa o nula, por lo que conviene instalar temporizadores que reduzcan o anulen el funcionamiento de calentadores que en muchos casos permanecen ininterrumpidamente encendidos.

10. Reforzar el aislamiento en cañerías, calentadores de agua y depósitos.

Una medida muy barata y con gran rendimiento energético, sobre todo para edificios antiguos, es la de instalar o reforzar la aislación de los sistemas para calentamiento de agua y cañerías.

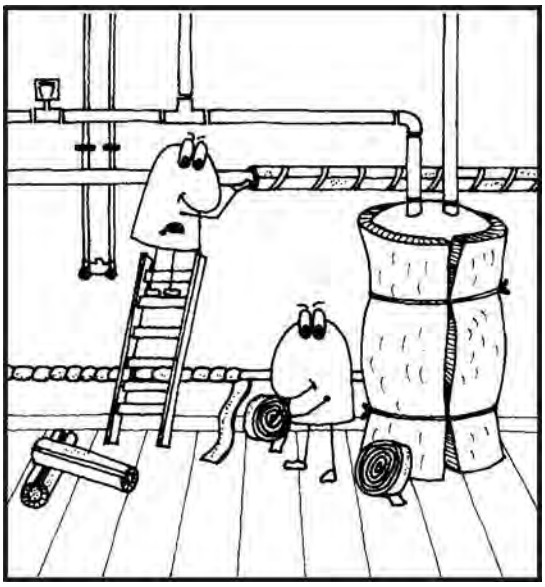


Fig.3.35 Aislación de cañerías y termotanques.

11. Separar los sistemas de calentamiento de agua según requerimientos particulares.

En algunas tipologías de edificios se encuentran requerimientos particulares en cuanto a la temperatura del agua caliente para consumo general, para lavado o cocina (caso hoteles). En estos casos conviene proveer a todo el edificio con agua a temperatura de consumo general e instalar calentadores instantáneos próximos a los lugares de consumo diferenciados, que incrementen dicha temperatura a los niveles exigidos.

Esto vale también para casos de edificios de plantas muy extendidas con consumos particulares alejados del depósito de agua caliente, que presentan grandes pérdidas en el recorrido del agua.

12. Utilizar sistemas solares para el calentamiento de agua.

En caso de edificios nuevos es altamente redituable reemplazar algunos componentes exteriores de los edificios (techos, balcones, parasoles, galerías, protecciones para estacionamientos, etc.) por paneles solares para calentamiento de agua, ya que implica un costo de inversión muy bajo atendiendo a que reemplazan componentes que de todos modos hay que utilizar.

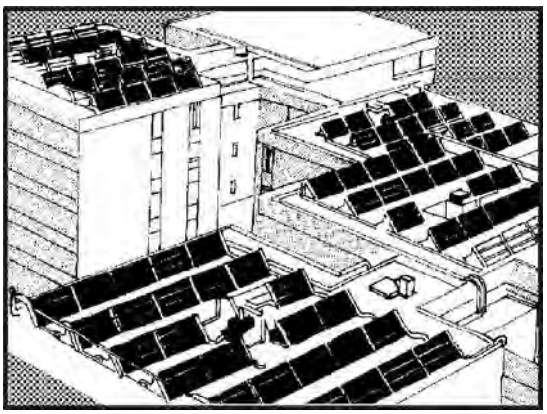


Fig.3.36 Adaptación de paneles solares en techos, para calentamiento de agua en edificios.

Para edificios existentes se pueden contemplar estrategias similares, conducentes a mejorar el comportamiento bioclimático del edificio, o bien, invertir en sistemas adosados con plazos de amortización mayores.

Con esto se puede obtener un precalentamiento o llegar a los niveles de temperatura necesarios, disminuyendo los costos de energía consumidos y de mantenimiento de los equipos convencionales.

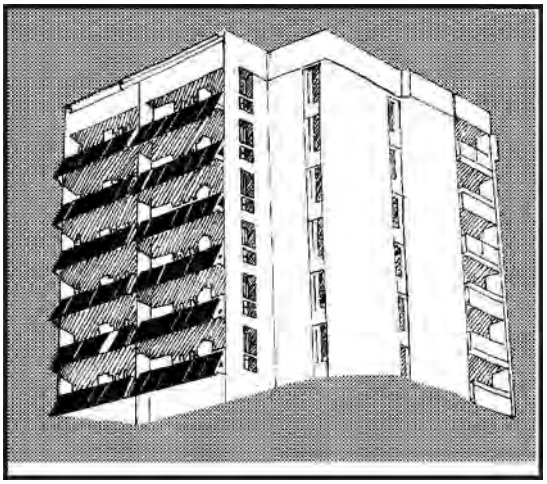


Fig.3.37 Adaptación de paneles solares en balcones, para calentamiento de agua en edificios.

13. Combinar los sistemas de calentamiento de agua con los de acondicionamiento de aire.

Es aconsejable utilizar intercambiadores tubulares que transfieran el calor emitido por los sistemas de acondicionamiento de aire a fin de precalentar el agua de ingreso a los calentadores de agua. En edificios importantes, como hoteles, restaurantes, hospitales, etc. tendremos un ahorro energético importante con esta aplicación del principio de bomba de calor.

14. Reducir el valor de carga pico para sistemas de acondicionamiento de aire.

Para el diseño e instalación de sistemas de acondicionamiento de aire se utiliza normalmente el valor de carga pico, considerando la peor situación climática y la máxima ocupación y uso de equipos y artefactos.

Esto lleva a que usualmente dichos sistemas estén sobredimensionados, lo cual implica una elevada inversión inicial y un potencial incremento de los gastos energéticos del edificio.

Es conveniente establecer modalidades de uso del edificio y de los equipos que puedan llevar a disminuir la carga pico, entendiendo que se han realizado las modificaciones necesarias para una previa adaptación climática del mismo, así como prever la posibilidad de reforzar con equipos individuales algunos sectores particulares, de uso discontinuo o bien para ser utilizados durante los cortos periodos de tiempo en que se pueden presentar estas cargas pico.

15. Instalar deshumidificadores en los sistemas de acondicionamiento del aire.

Para climas cálidos y húmedos, como el que nos ocupa, se gasta gran cantidad de energía para deshumidificar el aire primero y luego comenzar a enfriarlo. Es conveniente considerar la instalación de un sistema adicional en la batería enfriadora que se active periódicamente para deshumidificar, ya que consume menos energía y permite un trabajo menor al sistema de frío.

16. Utilizar sistemas centralizados de ventilación mecánica.

Conforme al diseño del edificio, es conveniente utilizar sistemas centralizados de ventilación mecánica, que con una correcta disposición y uso nos pueden permitir ahorros importantes en el acondicionamiento de aire, ya que permiten realizar el enfriamiento nocturno de estructuras en verano y, en conjunto con otras medidas, permiten un precalentamiento del aire en invierno.

Además, cuando la situación lo contemple, permiten la instalación controlada de intercambiadores de calor para el aire de renovación necesario para mantener las condiciones de higiene y pureza del aire.

17. Usar controles manuales o automáticos en las chimeneas de salida de aire.

En edificios institucionales, las ventilaciones generales de conductos para cañerías de bajada, campanas de cocina, conductos de ventilación de artefactos, etc., constituyen una importante fuente de pérdida de energía cuando los mismos no están en uso y se permite que continúen funcionando durante todo el día.

Si bien pueden ser calculados para permitir el ingreso de aire de renovación, es conveniente separar el sistema de renovación como se indicó anteriormente y controlar las salidas de aire en momentos en que no son necesarias.

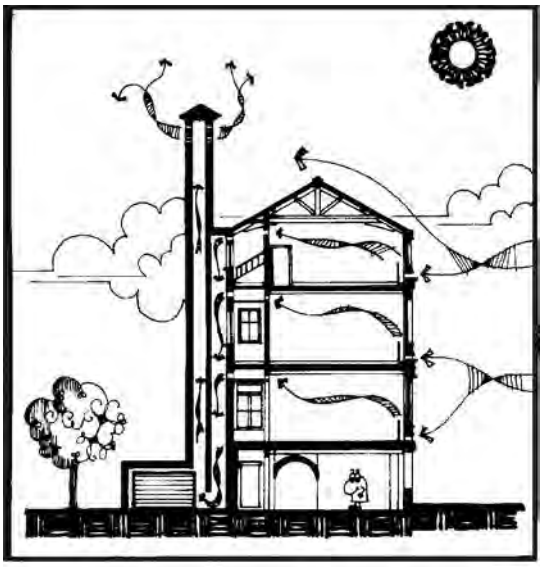


Fig.3.38 Control de los conductos de ventilación, permitiendo el refuerzo de la ventilación en verano y eliminando las fugas de aire caliente en invierno.

18. Utilizar unidades fan-coil con regulación automática.

Para edificios de usos discontinuos es conveniente utilizar sistemas de acondicionamiento de aire fan-coil en lugar de centralizados, ya que permite una mejor regulación y hasta la puesta fuera de servicio de unidades ubicadas en espacios que no están siendo utilizados. Para el caso de hoteles, edificios de oficinas, etc. sería aconsejable instalar sistemas automáticos para detección de presencia de personas conectados con las unidades fan-coil

y al circuito de iluminación, a efectos de reducir al máximo o anular el consumo cuando no está ocupado el local.

19. Verificar regularmente las cañerías y equipos de acondicionamiento de aire.

Tratar de realizar un plan sistemático de inspecciones de cañerías y equipos de acondicionamiento de aire, ya que con el tiempo presentan fallas tanto en la aislación térmica de los mismos, como en la presencia de fugas de fluidos utilizados.

Para el caso de obras nuevas, realizar siempre un control de estanqueidad antes de la recepción definitiva.

20. Controlar selectivamente el aire de renovación en equipos centrales de acondicionamiento de aire.

Muchas instalaciones de acondicionamiento de aire centralizadas contemplan la renovación de aire en forma independiente a las características termofísicas del aire exterior.

Es conveniente automatizar esta función de modo de permitir la variación del componente de renovación conforme a las condiciones del aire exterior, ya que este sistema agrega muy poco al costo de inversión en sistemas de acondicionamiento de aire para edificios importantes, pero puede disminuir sustancialmente los costos de energía para su funcionamiento, llegando inclusive a trabajar en un "ciclo economizador de aire" donde solamente se encienden los ventiladores para distribución del aire exterior.

Se pueden instalar además sistemas de medición del dióxido de carbono del aire interior que automaticen el volumen necesario de aire de renovación para mantener las condiciones de pureza necesarias, sobre todo en locales de uso discontinuo y gran ocupación.

21. Contemplar la contratación de expertos para realizar auditorías.

Una medida de uso corriente en otros países es la contratación de expertos que realizan auditorías sistemáticas en edificios institucionales importantes. Esto permite tener controlado el balance energético global en las mejores condiciones de servicio, además de ir actualizando equipos y sistemas conforme a los avances de la tecnología.

Conforme al conocimiento que se tiene de los edificios en nuestro medio, la inversión en estas auditorías semestrales o anuales, resultarían insignificantes frente al ahorro energético que se puede conseguir.

22. Contemplar la utilización de agua de pozo para intercambiar calor o deshumidificar.

Para situaciones de edificios institucionales importantes y considerando que en gran parte de nuestro territorio la napa freática se encuentra muy cerca de la superficie, es conveniente considerar la instalación de un pozo de extracción de agua y batería intercambiadora, con reinyección del agua a la napa, batería que puede ser utilizada para preenfriamiento o deshumectación del aire exterior que se utiliza en los sistemas de acondicionamiento de aire.

23. Controlar la estanqueidad de la carpintería exterior.

Para edificios existentes es conveniente realizar un análisis y relevamiento de la carpintería y en caso de ser necesario planificar un reemplazo o un plan de remodelación y mantenimiento de la misma (colocación y reemplazo de burletes en ventanas y marcos de puertas, instalación de puertas dobles, generación de espacios de transición, etc.), sobre todo en el caso de edificios antiguos. Conociendo las deficiencias de la carpintería que se utiliza en nuestro medio, este sería uno de los factores principales a controlar, ya que estaría determinando el mayor componente de pérdidas energéticas.

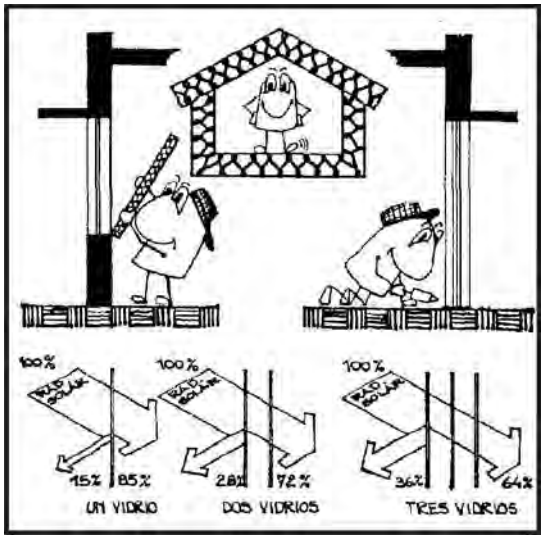


Fig.3.39 Control de infiltración y reemplazo de vidrios.

24. Considerar el rendimiento luminoso en conjunto con la vida útil de lámparas.

Para los sistemas de alumbrado, que representan una gran parte del consumo en edificios institucionales, considerar el rendimiento luminoso en conjunto con la vida útil de las lámparas que se utilizan, planificando el mantenimiento y aún el reemplazo de sistemas de iluminación conforme al rendimiento global que representen todos los factores y no solamente el costo inicial de las lámparas.

Incluir en los planes de mantenimiento el reemplazo de componentes del sistema de iluminación como balastos y artefactos, por sistemas de alta eficiencia, considerando además para el caso de instalaciones con lámparas fluorescentes el conjunto lámpara-artefacto más conveniente conforme al factor de eficacia de los balastos.

25. Automatizar el funcionamiento de los sistemas de iluminación.

En la actualidad es totalmente factible y de bajo costo realizar la automatización de los sistemas de iluminación, conforme al uso de los espacios y a la disponibilidad de iluminación natural. Se puede comenzar realizando un plan de concientización de los usuarios a efectos de que la iluminación artificial sea utilizada cuando solamente cuando es necesaria

26. Utilizar en lo posible sistemas combinados de iluminación general y localizados.

En edificios institucionales usualmente se recurre a cumplir con los valores exigidos por normas mediante una iluminación general, que provee niveles similares a zonas con exigencias distintas, representando los planos de trabajo la componente menor en la mayoría de los casos.

Es conveniente entonces combinar los sistemas de iluminación general, diseñados en este caso para cumplir los niveles menores exigidos para zonas de circulación o tareas de baja especificidad, con sistemas localizados en las áreas específicas de trabajo.

Estos sistemas localizados pueden permitir además, conforme sea su diseño, disminuir la distancia entre las fuentes luminosas y el plano de trabajo, incrementando sustancialmente su rendimiento lumínico.

27. Diseñar los circuitos de instalación eléctrica para iluminación para un uso selectivo.

Para el caso de nuevos edificios o bien para refuncionalizar edificios existentes, es conveniente considerar la separación de circuitos y controles de la instalación eléctrica, de modo de que pueda permitir la puesta fuera de servicio en forma selectiva y no total como es el caso habitual. Esto permitirá el encendido y apagado de luminarias conforme sean las condiciones de uso del espacio y de la disponibilidad de iluminación natural.

28. Colocar temporizadores en lugares de uso discontinuo.

Para el caso de depósitos, circulaciones, estacionamientos, etc. considerar el uso de temporizadores que permitan sacar de servicio automáticamente las luces que no se utilicen. Esto es importante para casos de luces exteriores o de seguridad que pueden permanecer encendidas luego del horario nocturno por descuido del personal encargado.

29. Planificar la limpieza de los edificios durante el día.

En gran parte de los edificios institucionales la limpieza se realiza a la noche, por lo que los edificios mantienen sus luces encendidas durante una cantidad importante de horas en que no son utilizadas para la función para la que fueron diseñadas. Se debería contemplar la planificación de actividades a fines de permitir la limpieza durante el día o contemplar sistemas de encendido diferenciados para cuando el edificio deba ser limpiado.

30. Utilizar bombas de calor con descarga en el terreno.

Realizar instalaciones de cañerías subterráneas, que conduzcan agua del intercambiador de calor en régimen turbulento para incrementar el intercambio, de modo de rechazar hacia el terreno el calor producido en la unidad de ventilación. Esto puede funcionar con una pequeña bomba e incrementar el rendimiento del sistema tanto en verano como en invierno.

Para el caso de climas cálidos se debe considerar la protección de las superficies donde se instalen estas cañerías, así como su uso discontinuo a efectos de permitir la recuperación térmica del terreno.

31. Usar controles variables para bombas.

La mayor parte de las instalaciones centrales para acondicionamiento de aire por medio de agua se realizan mediante bombas que mantienen un caudal uniforme, independientemente del servicio que se está prestando.

Es conveniente instalar sistemas de bombas y válvulas reguladoras que permita controlar en forma automática el caudal que realmente se necesita.

32. Usar colores adecuados a las exigencias bioclimáticas del lugar.

Uno de los factores que puede tener una gran influencia en el balance energético global de un edificio es el color superficial de la envolvente expuesta a la radiación solar.

En la zona bioambiental que corresponde a la ciudad de S.M. de Tucumán, se deben tratar de utilizar colores claros o reflejantes para las superficies exteriores, sobre todo los techos.

En edificios existentes una medida rápida para incrementar la eficiencia energética, es el agregado de materiales reflejantes en los techos y el cambio de color de paredes exteriores expuestas a la radiación solar, si las mismas están pintadas de colores oscuros.

REFERENCIAS

• El presente capítulo se basa en capítulos de libros anteriores: Gonzalo G.E. (1998). Manual de Arquitectura Bioclimática, Ed. Arte-Color, Tucumán y (2000) Conceptos generales sobre ahorro energético y auditoría, en Gonzalo G.E., S.L.Ledesma, V.M. Nota et al.,, Habitabilidad en edificios: propuestas de normas para Tucumán, Santamarina, Tucumán.

• B.C.Hydro, (1989) "Adjustable speed drives", British Columbia Hydro, Canadá.

• Byman D. y J.E.Furubo, (1980) "La información sobre el ahorro energético en Suecia y sus efectos", Svenska Institutet, Suecia.

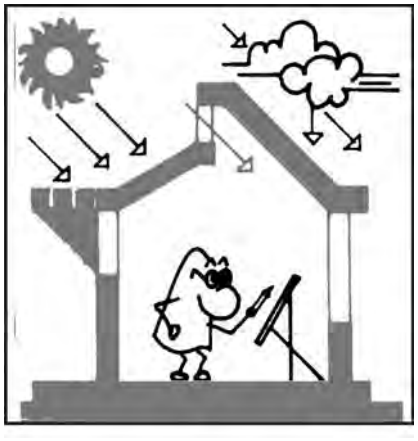
• C.M.H.C., (1986) "Planning Renovation", Canadian Mortgage and Housing Corp., Canadá.

• Gonzalo G.E. y V.Nota, "Determinación de índices de consumos de energía para distintas funciones edilicias en el área de S.M. de Tucumán", Revista Avances en energías renovables y medio ambiente, Vol.3, N°2, Salta, 1999.

• Gonzalo G.E., (1991) "URE-ENOC en la edificación", Ed.ACFAU, Tucumán.

.

4 ENERGÍAS RENOVABLES



UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS Y EN EL HÁBITAT

"El progreso humano no es ni automático ni inevitable. El futuro ya está aquí y debemos enfrentar la cruda urgencia del ahora. Sobre montañas de blancas osamentas y desperdicios de múltiples civilizaciones se observan las terribles palabras: Demasiado tarde". Martin Luther King Jr.

El desarrollo no comienza con las mercancías, sino con la gente y su educación, organización y disciplina. Sin estos tres requisitos todos los recursos permanecen como un potencial latente, sin descubrir.
E.F.Schumacher

INTRODUCCIÓN

En nuestro lenguaje diario el término "energía" adquiere dos significados diferentes. Uno, que podría llamar literario y que el diccionario nos indica como "eficacia, poder, virtud para obrar, entereza, tesón, resolución, fuerza de voluntad en la actividad, brío, denuedo, aliento, esfuerzo, ánimo" (Salvat, 1955) y otro científico, donde el término adquiere una connotación mucho más específica y según la concepción clásica, es el atributo o posibilidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de calor, movimiento, luz, transformaciones químicas, etc.

De acuerdo con este significado la energía es la causa de los fenómenos físicos y químicos. Tanto la materia como la radiación son modalidades de una causa única, la energía, puesto que ambas son de naturaleza electromagnética y la materia puede considerarse como una concentración muy intensa de energía.

Las tres principales formas de energía que el hombre utiliza en su vida diaria son:

a.- energía mecánica: que proviene de los fluidos en movimiento (viento, marea, cursos de agua)

b.- energía eléctrica: es la que se produce a partir de otra forma de energía y que las modalidades de uso la identifican como separada (termoelectricidad, hidroeléctrica, etc.)

c.- energía térmica: producida por la combustión de ciertas sustancias u obtenida directamente de fuentes subterráneas.

Como la energía es la capacidad que tiene un cuerpo o sistema de cuerpos para poder desarrollar un trabajo, se mide en idénticas unidades que el trabajo.

Más del 90% de la energía que se utiliza en el ámbito mundial proviene del sol, encontrándose disponible en forma directa, indirecta o acumulada.

La radiación solar directa que recibe nuestro planeta por día es muchas veces mayor que el consumo energético para el mismo período, aunque su concentración es muy baja, con un promedio aproximado a 1000 W/m^2, por lo que no se puede, manteniendo el actual modelo productivo, reemplazar totalmente, mediante su uso, a las energías convencionales.

Las energías que el hombre dispone se pueden dividir en renovables y no renovables, indicando esta denominación la posibilidad de recuperación de la fuente energética por acción de una fuente externa.

También se usa categorizarlas en convencionales y no convencionales, siendo las primeras aquellas que impuso el modelo de la segunda revolución industrial, básicamente petróleo, gas natural y carbón, y las segundas aquellas que siendo usualmente renovables, y directamente relacionadas o derivadas de la solar, comenzaron a estudiarse y aplicarse con detenimiento luego de la primera crisis petrolera mundial.

Otras fuentes energéticas son productos indirectos de la solar, tales como la energía eólica, hidráulica, biomasa, etc. Dependen de la radiación solar, que al producir desplazamientos de fluidos en la atmósfera, permite generar energía a partir de estos movimientos o que al ser fijada fotosintéticamente luego se puede aprovechar en la cadena alimenticia o por procedimientos de transformación.

Las fuentes energéticas acumuladas son básicamente los combustibles fósiles, donde la energía solar fue fijada en plantas y animales, que una vez procesados en forma natural dieron lugar a depósitos de productos energéticos.

Se dispone además de otras fuentes, tales como la energía nuclear, la energía geotérmica que proviene de la desintegración de radionucleicos dispersos en pequeñas proporciones en algunas rocas, energía de las mareas que es debida a la energía gravitatoria del conjunto sol, tierra, luna, etc.

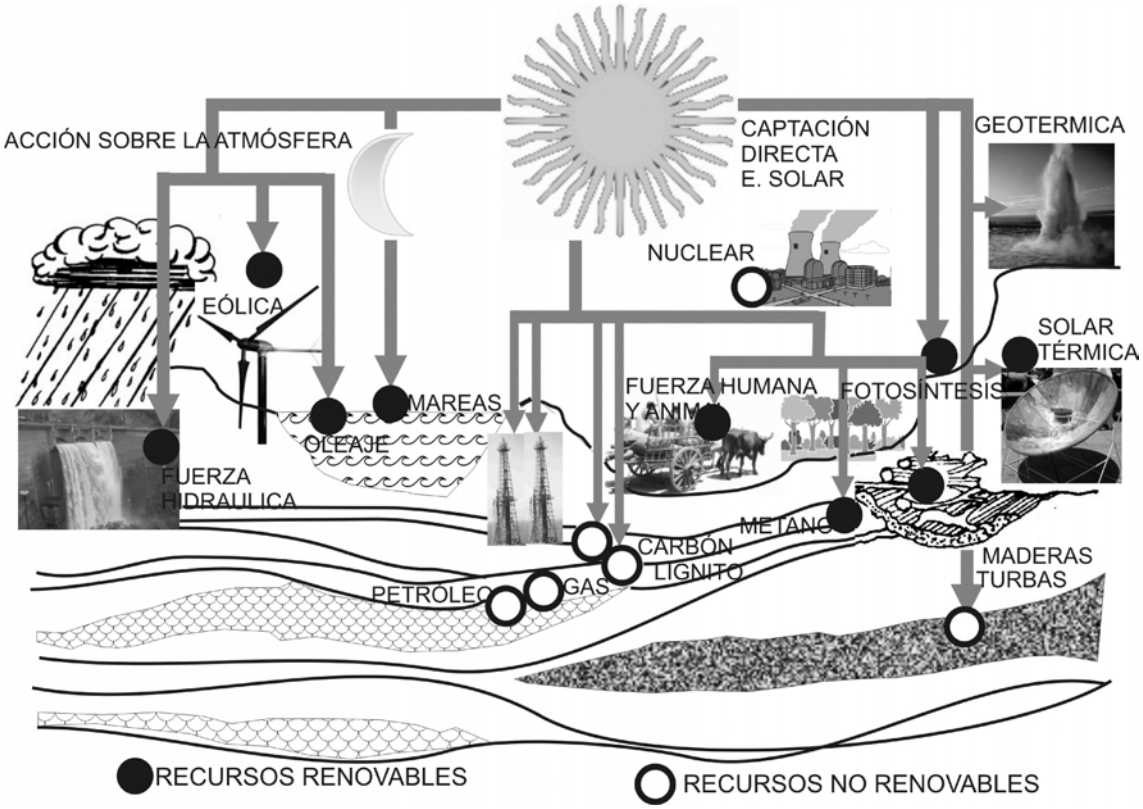


Fig. 4.1 Recursos energéticos renovables y no renovables.

La producción de energía a nivel mundial se caracteriza por la transformación superficial de la materia, o energía química de la cual derivan la gran mayoría de las fuentes actualmente en uso, la transformación profunda de la materia, es decir, la energía nuclear y el aprovechamiento físico de los desniveles de agua que produce la energía hidráulica.

SITUACIÓN ENERGÉTICA

La primera forma de energía que el hombre ha utilizado es la mecánica obtenida a partir de su propia fuerza muscular y luego la del fuego producida por la combustión de vegetales. En la actualidad casi el 50% de la humanidad sigue utilizando como fuente principal o única de energía la combustión de productos vegetales. (Gonzalo G.E., 1985)

La producción de energía primaria neta de productos vegetales, como total mundial, en 10E09 MJ/año, es de 756 para la selva tropical, 446 para bosques caducos templados, 172 para tierras agrícolas, 85 para praderas templadas, 21 para la tundra y 803 para los océanos en alta mar. (Odum E.P., 1971)

En 1870 las fuentes naturales de energía, sobre todo la madera, representaban el 68% de la producción total y el carbón el 33% mientras que al comienzo del siglo XX en los países desarrollados, el carbón pasó a convertirse en la fuente energética más importante con un 70% del total, mientras que el petróleo y el gas natural no llegaban a alcanzar un porcentaje superior al 3% del total de la energía producida. (Meadows D.H., 1993)

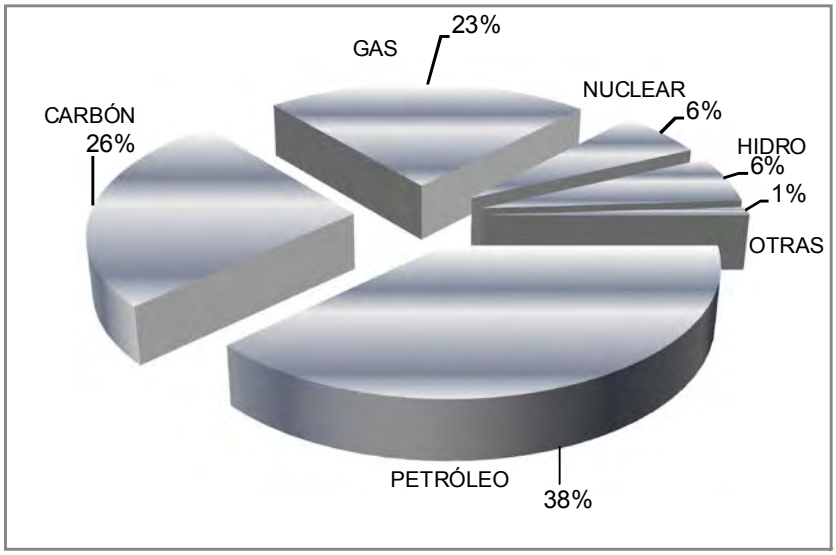


Fig. 4.2 Consumo mundial de energía por tipo de fuentes. International Energy Outlook (IEA, 2008).

Hacia 1970 el petróleo se convierte en la fuente más importante, con el 55% del total, seguido por el carbón con un 30% aproximadamente y un 7,5% de centrales hidroeléctricas y electronucleares. En los EE.UU. las fuentes de combustión fósiles (carbón, lignito, petróleo y gas natural) superaban el 94% de la demanda energética y el 96% en la Comunidad Económica Europea.

Actualmente a nivel mundial más del 90% de la energía que se consume proviene de combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural.

Por otra parte, más del 80% de toda la energía, obtenida a partir del petróleo y combustibles no renovables casi en su totalidad, es consumida por sólo el 25% de la población mundial que habita en los países ricos. El 75% restante, habitantes de los países pobres, consume menos del 20%.

Para la población de los países ricos que consume más de 5/6 de la energía que se produce, no le puede parecer muy adecuado que el resto mejore su calidad de vida en forma sustancial, ya que esto arrojaría un aumento en el consumo energético per cápita y por lo tanto agudizaría los actuales problemas energéticos y podría producir un agotamiento brusco de las reservas, además de agravar el problema de la contaminación ambiental. (Martínez de Vedía, 1983)

En un informe de la Energy Information Administration, (IEO, 2008) se estima que tomando como base la proyección de los consumos de energía hasta el años 2005, se estima que las necesidades de energía se van a incrementar en un 50% hasta el 2030, lo cual establece un margen muy pequeño de tiempo para tomar las medidas necesarias para cubrir el posible déficit que se va a producir.

Los recursos energéticos no renovables son extremadamente valiosos para la química, y es así que más de 300.000 productos de la industria moderna se derivan del petróleo.

Es entonces contraproducente utilizar estos recursos que la naturaleza tardó millones de años para formarlos, para ser quemados, produciendo, además, la contaminación térmica del agua y del aire que se derivan de ello.

El cambio de tecnología para llegar a fuentes alternativas o no convencionales como productoras de energía es en estos momentos realizable considerando nuestro nivel técnico y deseable desde el punto de vista ecológico.

La actual generación deberá asumir esta responsabilidad enorme que se le plantea si quiere seguir manteniendo, o mejorar, el inestable equilibrio a que ha llegado en su relación con la naturaleza. Las consecuencias de no planificar los cambios (sobre todo energéticos), que de todos modos se presentarán como inevitables, conduce a una brusca y caótica ruptura social, económica y política en el ámbito mundial, situación que ya se está observando de guerras y conflictos originados básicamente por los combustibles y los productos minerales básicos, a los que en un plazo no muy grande se va a agregar la carencia de agua dulce.

Muy bien lo planteaba Romano Guardini en 1961, cuando decía:

"Después de la edad media... poco a poco fue aumentando la seguridad. La naturaleza dejó de ser algo extraño y peligroso y se convirtió en aquella fuente de bienes inagotables, de energías renovadoras siempre activas y de datos siempre inmediatos que vio en ella la edad moderna. Pero luego las relaciones con la naturaleza sufrieron una modificación; con el transcurso de la historia el hombre entró de nuevo en un ambiente de riesgo; ahora bien, este riesgo tenía su origen en aquellos esfuerzos y creaciones que habían servido para vencer al primer riesgo, es decir, en la cultura misma.

El hombre domina en gran medida los efectos inmediatos de la naturaleza. Sin embargo no domina sus efectos indirectos, el dominar mismo. Tiene poder sobre las cosas, pero no lo tiene, o, para hablar con más prudencia, no lo tiene todavía sobre su poder.

A partir de ahora, y para siempre, el hombre va a vivir al borde de un riesgo que afecta en la totalidad de su existencia y cuya intensidad irá en aumento constante. El hombre se encuentra de nuevo ante el caos; y esto es tanto más espantoso cuanto que la mayor parte no lo ve en absoluto, pues por doquier hablan personas científicamente preparadas, hay máquinas en marcha y funcionan oficinas." (Guardini R., 1963)

La utilización racional de otros combustibles tradicionales podría suavizar el cambio entre la utilización actual de energías convencionales y la implementación de tecnologías energéticas alternativas.

Además, debemos pensar como solución de compromiso, a fin de ampliar el período de uso de las energías renovables, la creciente y sabia consideración de los principios de ahorro o "conservación" de energía que se están realizando a nivel mundial, entendiéndose por ahorro la eficaz utilización y control de los procesos energéticos y no su mera disminución.

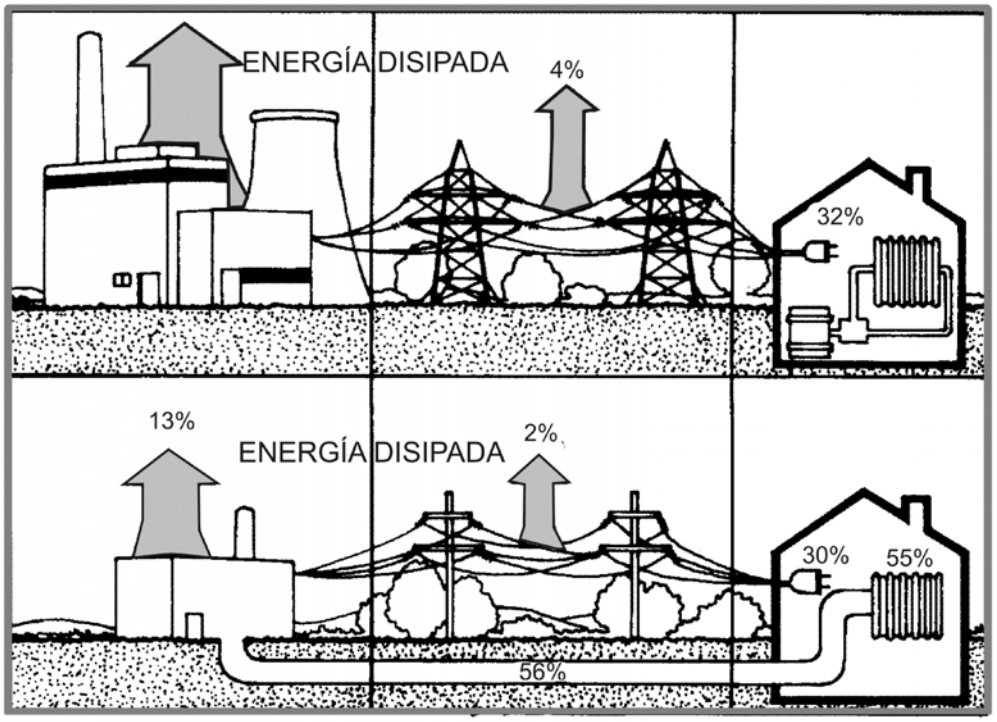


Fig. 4.3 Comparación de eficiencia entre usina eléctrica para calefacción y electricidad y planta con aprovechamiento de calor residual y generación eléctrica. (Bayerisches Staatsministerium des Innern, 1986)

En general podríamos establecer que las bases para el uso racional de la energía (URE) y aprovechamientos de energías renovables, deben ser establecidos más como pautas para el diseño bioclimático de los edificios, que como una compleja metodología de cálculo, las cuales sí se utilizarían para la verificación de proyectos en los distintos organismos de actuación, mediante técnicas computacionales. Entendemos que no se puede cuantificar totalmente el funcionamiento energético de un edificio, como lo podemos hacer con una máquina.

Los edificios no son "máquinas de habitar", son seres vivos como los que los habitan, responden a relaciones y decisiones que cambian permanentemente. Lo único que podemos establecer entonces, son premisas generales para un mejor desempeño y cualificar mediante modelos conceptuales su funcionamiento energético prospectivo.

Las bases indicadas contemplarían las pautas de diseño y uso adaptadas a las condiciones microclimáticas, socio-culturales, económicas, etc. de la zona de implantación y de los usuarios a los cuales debe servir.

Los resultados de esta acción difusa podrían verse a corto plazo si se establece un adecuado nivel de comunicación entre los organismos estatales de acción y control edilicio, y aquellos que atienden a la investigación, desarrollo y formación de recursos humanos en ese campo.

Para que esto se haga realidad la sociedad debe adoptar medidas de apoyo que permitan llevar a la práctica las distintas propuestas indicadas y otras que surjan para otros campos de acción, siendo el balance final seguramente positivo para la sociedad, ya que está suficientemente demostrado que es más barato y, además, conveniente para nuestro medio ambiente el establecer medidas preventivas, que concurrir luego a solucionar los problemas energéticos que sin duda se irán agravando en el futuro.

SISTEMAS ENERGÉTICOS NO-CONVENCIONALES

Existen varios métodos bastante sencillos que, sin tener que recurrir a nuevas tecnologías o sistemas, permiten diseñar edificios que gastan mucha menos energía que estos bloques de cristal, excesivamente calentados, excesivamente iluminados y con mal aislamiento que constituye hoy la norma comercial. (Steadman, 1978)

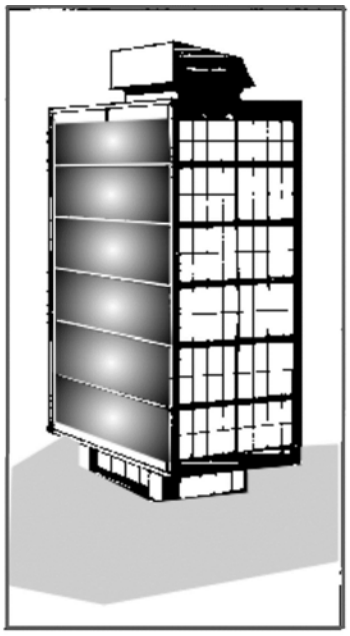


Fig.4.4 Edificio vidriado convencional, con enormes gastos energéticos.

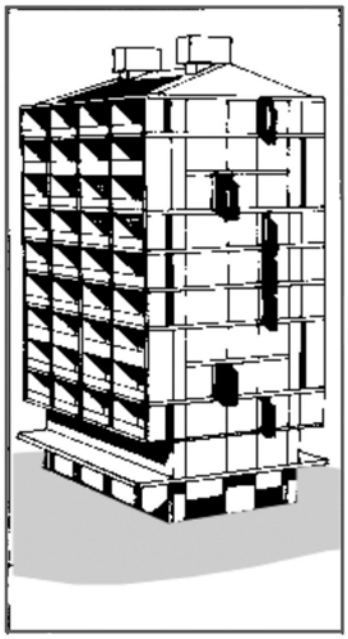


Fig.4.5 El mismo edificio anterior, con adaptación climática.

Los sistemas energéticos no convencionales, especialmente los solares pueden ser diseñados y aplicados a la edificación como:

a.- Sistemas adosados al edificio.

b.- Sistemas integrados al edificio.

c.- Diseño integral.

El caso (a) sería la utilización de un colector solar para agua caliente puesto encima de un techo, o un invernadero apareado a un edificio existente. El caso (b) es cuando se prevé dentro del diseño de un edificio, que no está ejecutado bioclimáticamente, la provisión de sistemas con energías renovables y por lo tanto se adecuan partes del mismo (pendientes de techos para la instalación de colectores solares, por ejemplo). El caso (c) es tomar en consideración las pautas climáticas y de diseño en norma global y conseguir un edificio bioclimático con sistemas con energías no convencionales que

tenga previsto en su totalidad o en parte la provisión de energía necesaria para mantener el confort interno y las necesidades de agua caliente de los ocupantes.

En un estudio de la C.S.C. leemos: "solamente tenemos que mirar una ciudad moderna en cualquier país en desarrollo para observar la falacia de la adopción del "estilo internacional" de la arquitectura. Estos edificios, usualmente construidos por razones de orgullo cívico o prestigio, pronto devienen en una molestia, con altas facturas eléctricas y serios problemas de mantenimiento. Nosotros debemos conseguir convencer a nuestros clientes que la arquitectura que responde a la tradición, cultura y clima es un objeto de prestigio mucho más adecuado." (Baker N.V., 1987)

La consideración del edificio como un sistema relacionado armoniosamente con la naturaleza y no opuesto a ella, homeostático con el clima y el ambiente y enfocado holísticamente como una extensión orgánica y psicológica del ser humano; nos dará sin duda un edificio dinámico, en donde la participación del usuario o de sistemas automáticos que lo reemplacen será crucial.

Debemos comprender que los edificios que hoy proyectamos, considerando una vida útil normal de 60 años, deberán ser utilizados aún cuando no dispongamos o sean muy escasas las fuentes energéticas que hoy usamos y las tecnologías para la aplicación de dichas fuentes. Debemos tender al diseño de edificios, que con soluciones constructivas y de uso adecuadas permitan gastar un mínimo de energía.

En este campo quedan muchas cosas por inventar, numerosas construcciones que levantar y experimentar bajo los diversos climas que cubren un país, y queda mucho trabajo para los grupos de investigación sobre el tema, reconocido universalmente como Arquitectura Bioclimática y con uso de Energías Renovables, así como Arquitectura Sustentable.

Se reconocen dentro de esta especialidad dos campos para la definición de los distintos equipos y estrategias, que determinan a su vez los sistemas pasivos y activos. Los primeros se caracterizan por utilizar las fuentes energéticas renovables en forma directa, tanto para captación como para distribución y transporte de la energía, aunque se pueden utilizar mínimos aportes de energías convencionales.

Los sistemas activos utilizan las fuentes energéticas renovables pero necesitan para su funcionamiento una proporción considerable de energías convencionales o de la propia producida por el sistema, tienen una complejidad mecánica o son de una complejidad tecnológica mayor que los pasivos.

Es así que los sistemas pasivos son, por su costo y necesidad de control y mantenimiento, de aplicación más inmediata a la arquitectura y a sus necesidades funcionales; y los activos al área industrial y de transporte.

Normalmente estas soluciones no podrán proveer el 100% de las necesidades energéticas, salvo a expensas de un muy elevado costo de inversión, dependiendo además de las condiciones climáticas y de implantación.

Esto nos llevará a considerar para situaciones reales que lo exijan: la compatibilización con sistemas activos, con uso adecuado de energías convencionales, aprovechando así el efecto combinado y aumentando considerablemente la eficacia de los sistemas pasivos (ejemplo de lo anterior es la utilización de pequeños ventiladores eléctricos en sistemas de calefacción pasivos, cuyo consumo es despreciable frente al rendimiento energético obtenido).

Entonces no debemos establecer un enfrentamiento PASIVO vs. ACTIVO, sino más bien considerar la adaptación de ambos sistemas de acuerdo a una correcta evaluación de sitio, clima, tecnología, economía, funcionamiento, mantenimiento, etc.

ESTRATEGIAS PASIVAS

Existen dispositivos y sistemas que funcionan sobre la base de energías renovables y que diseñados en forma adecuada pueden llegar a competir favorablemente con los equipos convencionales para calefacción, enfriamiento y otros usos domésticos, algunos de larga data y la mayoría de reciente desarrollo y cuya característica principal es lograr simplificar sus partes componentes.

Dado que su adaptación a un edificio implica una intención de solucionar en forma directa algún problema relacionado con el confort interior, a estos dispositivos se los conoce normalmente con el nombre de estrategias.

Lo importante del diseño pasivo, es que sin necesidad de agregar costos de inversión en una vivienda o edificio, o haciéndolo pero con una inmediata posibilidad de recupero (amortización a corto plazo), permite un importante ahorro energético y en el caso de viviendas se

puede llegar a anular los insumos destinados a agua caliente, sanitarios, calefacción y enfriamiento.

La arquitectura bioclimática y solar de tipo pasivo plantea una nueva manera de concebir los edificios y habitarlos, y en general una tendencia a un nuevo tipo de vida y de sociedad, adaptados a sitio y clima, respetuosa de los bienes naturales que posee e integrada a esquemas urbanos que contemplan estos cambios a largo plazo.

Mediante el diseño bioclimático pasivo se trata de integrar la forma, la materia y la energía; y este es el gran desafío que la actual situación de escasez y costos crecientes de combustibles plantea al diseñador.

En próximos capítulos veremos con detenimiento las metodologías de selección y las distintas pautas y estrategias pasivas que podemos utilizar en los edificios.

CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

Las principales formas de conversión de la energía radiante solar son:

a.- Conversión fotoquímica.
b.- Conversión termoeléctrica y termoiónica.
c - Conversión fotovoltaica.
d - Conversión térmica.

El aprovechamiento de la energía solar va a determinar la utilización de diversos dispositivos, de acuerdo al uso que se le quiera dar a la energía y a las posibilidades económicas, siendo los más comunes los de conversión térmica.

Analizaremos en general los distintos componentes de un sistema solar que luego se verán en su aplicación en detalle en los próximos análisis de aprovechamiento para funciones específicas. Un dispositivo que trabaja sobre la base de energías no convencionales cuenta normalmente con tres componentes básicos:

a.- Colector.
b.- Almacenamiento.
c.- Distribución.

De acuerdo con el diseño y finalidad del equipamiento veremos que estos componentes pueden funcionar separados o integrando un mismo elemento. Además, en determinados casos, se necesitan tres componentes adicionales:

d.- Medio de transporte de la energía.
e.- Sistemas auxiliares.
f.- Controles

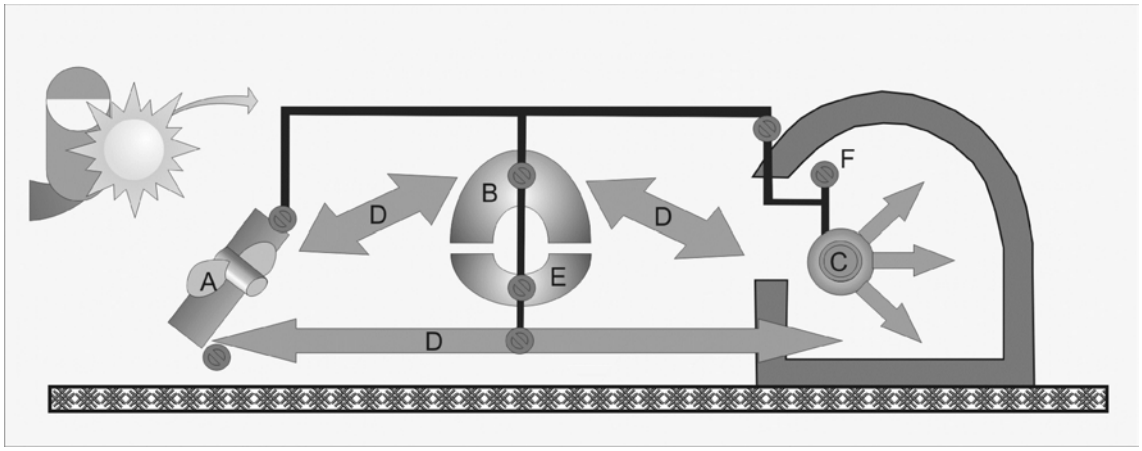


Fig.4.6 Esquema de componentes de un dispositivo energético no convencional. (Gonzalo G.E., N.I.Escaño y R.E. Gonzalo, 1981)

DISPOSITIVOS CON ENERGÍA SOLAR

A. Colector: Como su nombre lo indica el colector o captor es la parte del dispositivo donde tiene lugar la captación de energía. Los tipos básicos de colectores son:

El colector solar plano, que es el más utilizado, y que tiene una temperatura de funcionamiento que varía entre los 30 y 90ºC, con una eficiencia entre el 30 Y 70%. Este tipo de captor puede funcionar con radiación directa y con difusa.

El colector cilíndrico-parabólico de concentración media que trabaja únicamente con radiación directa y cuya temperatura de funcionamiento varía entre l00 y 600ºC con un rendimiento entre el 50 y 70%.

El colector parabólico de doble curvatura para alta concentración, con temperatura de trabajo que puede alcanzar los 2500 ºC y rendimientos del orden del 75%. También éste

funciona únicamente con radiación directa.
Los colectores solares planos constan normalmente de los siguientes elementos:

Conforme al incremento de temperaturas que se quiera obtener y a las condiciones climáticas no se usará cubierta transparente o serán necesarias 1, 2 o 3. Las placas de absorción podrán ser metálicas o plásticas de acuerdo al destino y fluido utilizado. Su color será negro mate o pintura selectiva (esta última se caracteriza por su alta absorbancia y baja emisividad disminuyendo así las pérdidas)

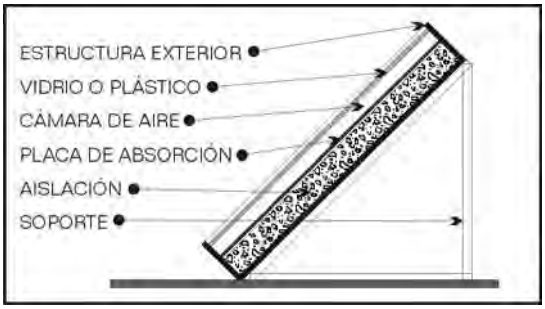


Fig.4.7 Componentes básicos de un colector solar plano.

El rendimiento de un colector (en este caso de agua), dependerá fundamentalmente de la diferencia de temperatura entre la placa absorbente y el exterior, del color de la placa y del número de vidrios que tenga.

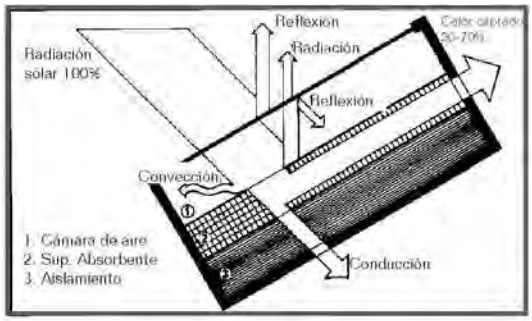


Fig.4.8 Rendimiento de un colector solar plano de agua. (Yánez G., 1974)

Los colectores solares planos pueden funcionar con distintos fluidos de transferencia, tomando formas características que se explican gráficamente en las próximas figuras.

B. Almacenamiento: de acuerdo con el tipo de colector que utilicemos, de las necesidades energéticas, del diseño y funcionalidad, utilizaremos distintos tipos de acumuladores. La capacidad de acumulación de un material va a depender de la capacidad calorífica específica que tenga, indicándonos ésta la cantidad de energía que puede retener por unidad de volumen y frente a una elevación unitaria de temperatura.

La acumulación más común para colectores con aire está constituida por lechos de grava aislados en su periferia o piedras apiladas. El almacenamiento en piedras requiere aproximadamente dos veces y medio el volumen necesario para un mismo incremento de temperatura que el de agua.

El diámetro de piedra aconsejado es de 5 cm ya que si es menor dificulta el paso de aire y si es mayor se incrementa demasiado el volumen de almacenamiento.

El almacenaje en agua es el más común en sistemas para agua caliente y es un tipo de acumulación muy atractivo dado el elevado calor específico de la misma. Las ventajas de su utilización son: el almacenaje y el medio de transporte son los mismos, tiene un volumen relativamente pequeño, las conducciones son fáciles de realizar y ocupan poco espacio y se pueden aislar fácilmente. Las desventajas que presenta el sistema todo-agua son: posibilidad de deterioro por helada en climas fríos, problemas de incrustaciones o pérdidas, elevados costo de los tanques.

Las ventajas de elegir sistemas de aire con acumulación en piedra son: simplicidad de diseño y correcciones, bajo costo, libres de corrosión, las pérdidas no son peligrosas, almacenamiento importante sin incremento sensible de costo, un mismo fluido para almacenaje, colección y distribución, temperatura de uso de bajo nivel térmico.

Las desventajas más importantes son: elevado peso del almacenaje (especialmente si consideramos edificios grandes), gran volumen para una cantidad térmica dada, conductos de distribución grandes, dificultad de localizar pérdidas.

Existen otros materiales para acumulación de un uso no tan frecuente como sales eutécticas, ceras, pellets de óxido de aluminio, etc. En estos casos se incrementa la capacidad de acumulación por volumen, especialmente en los casos de almacenamiento de calor latente por cambios de estado.

Muchas aplicaciones, como veremos más adelante, contemplan el colector y el acumulador formando una unidad funcional.

El caso más característico es el de las pozas solares, donde el agua de acumulación de energía está contenida en una pileta de colección directa.

A. Colectores solares con agua para transferencia

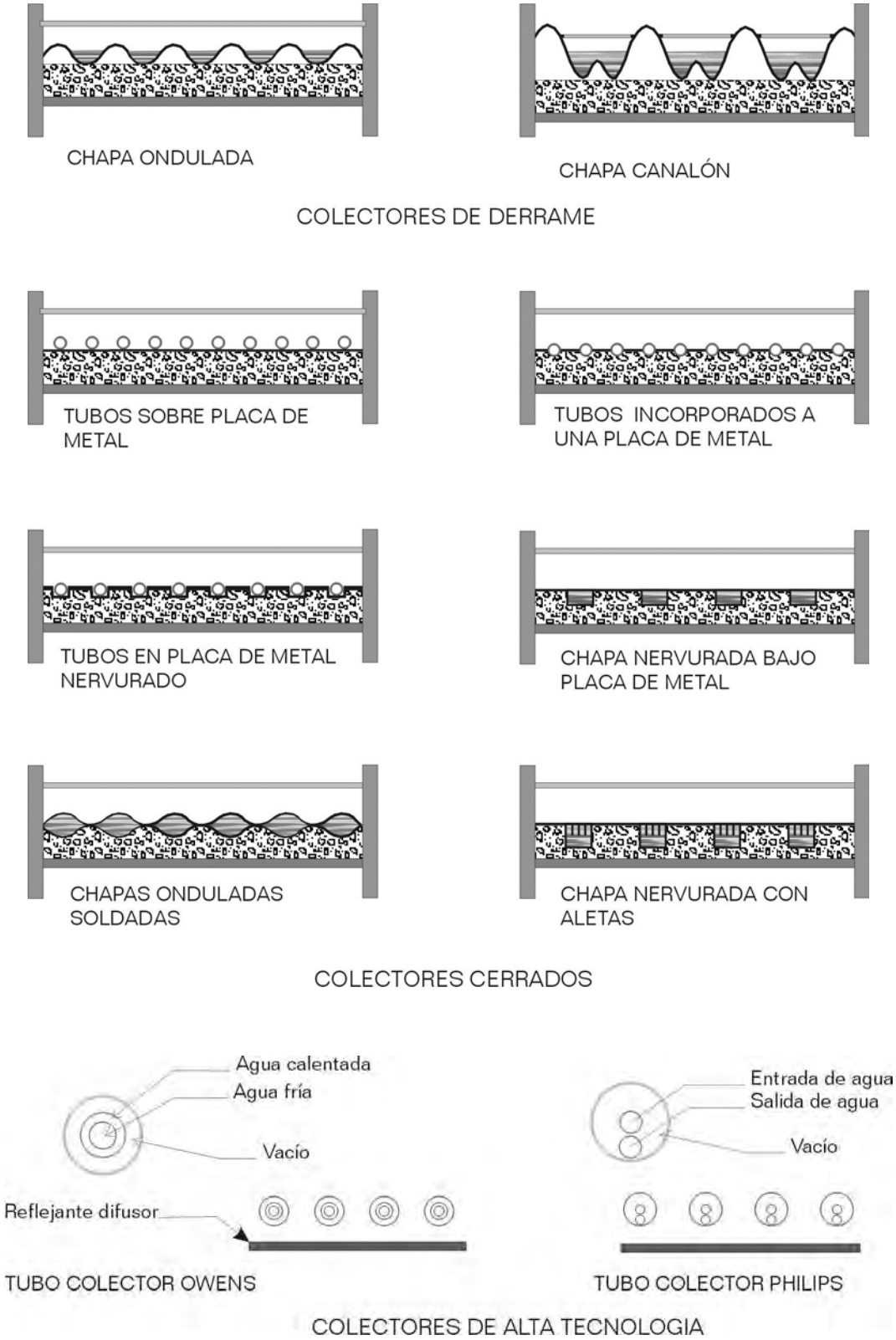


Fig. 4.9 Esquemas en corte de colectores solares con agua para transferencia: colectores de derrame, cerrados y de alta tecnología.

B. Colectores solares con aire para transferencia

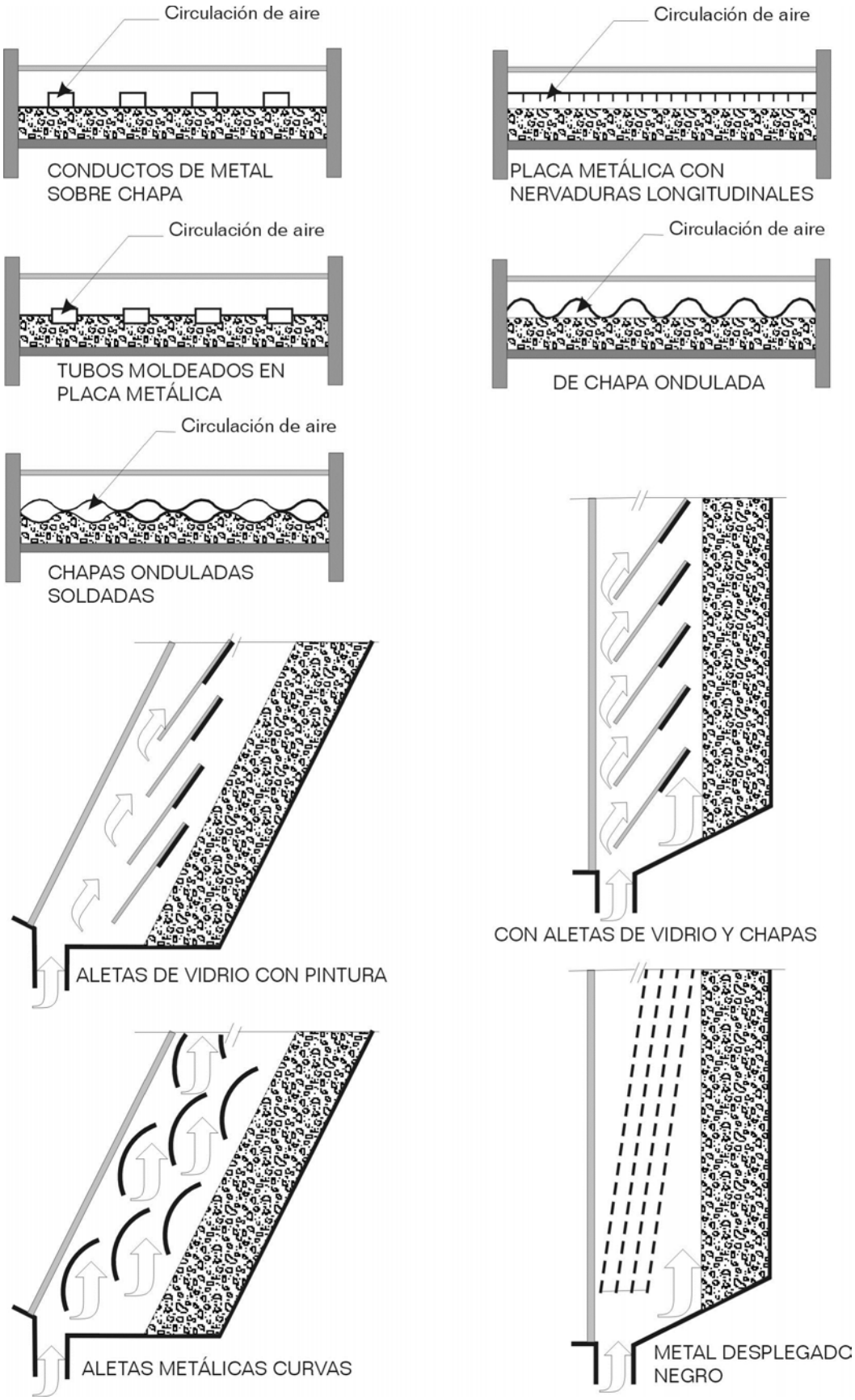


Fig. 4.10 Esquemas en corte de colectores solares enfriados por aire.

C. Colectores solares concentradores

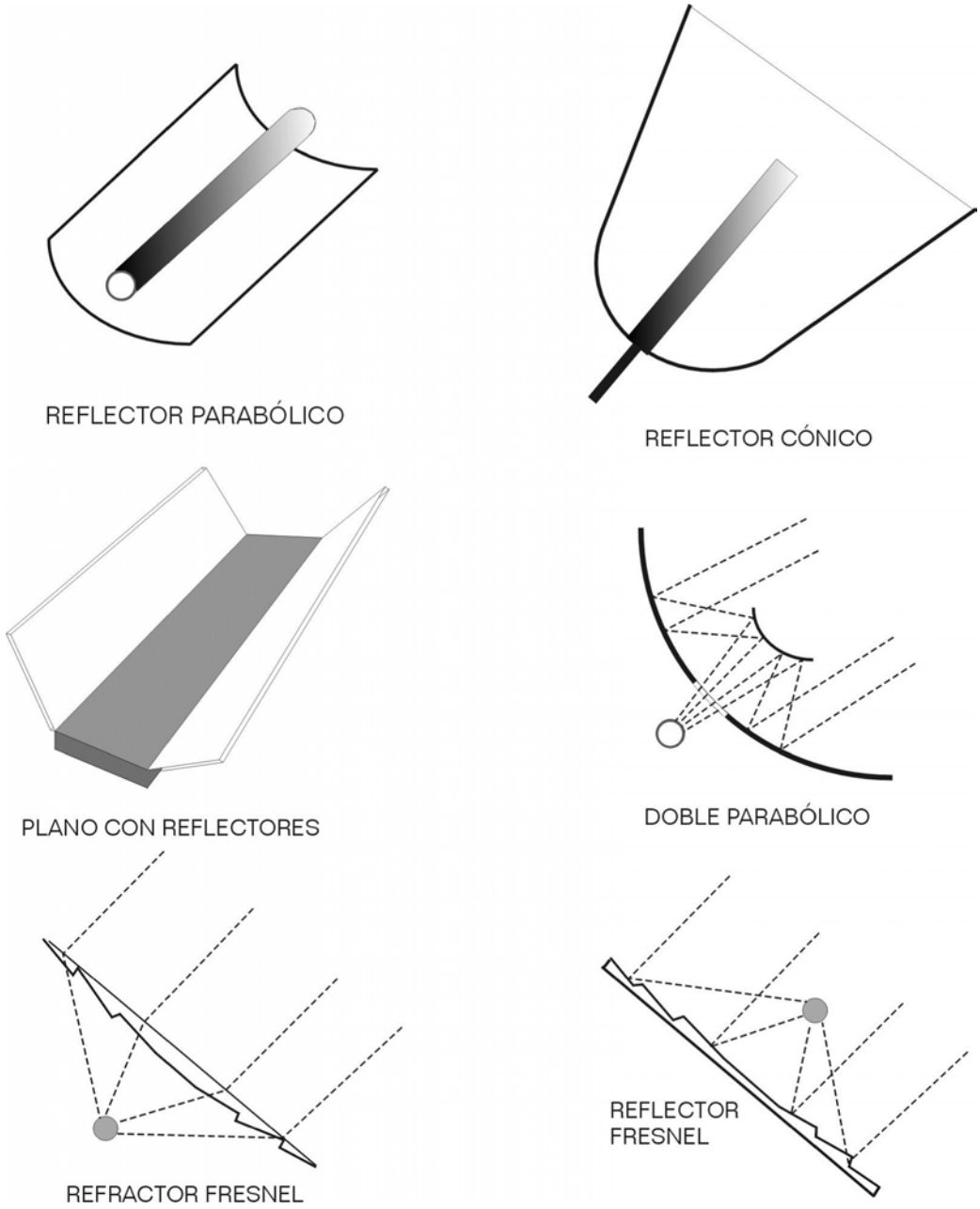


Fig. 4.11 Colectores concentradores.

C. Distribución: los componentes utilizados para la distribución de la energía colectada y almacenada dependerán del fluido utilizado, del diseño y de las necesidades internas. Frente a un equipamiento convencional de calefacción por agua y debido a la menor temperatura de trabajo de un sistema solar se requerirá mayor superficie de radiadores e intercambiadores. En sistemas de aire esto no es tan importante y tiene la ventaja de no requerir intercambiador si el acumulador es de piedra.

Los dispositivos para agua caliente utilizan cañerías y equipos similares a los convencionales, pero se debe considerar el problema de la contaminación de agua en caso de haber intercambiador y la regulación de temperatura si no tiene equipo auxiliar.

Los distintos sistemas expuestos, de acuerdo a su forma de funcionar van a ser categorizados como activos o pasivos. Los sistemas pasivos pueden definirse como aquellos que proveen agua caliente, calefacción o enfriamiento a un edificio por medios naturales (conducción, convección, radiación y evaporación), excluyendo la

utilización de energía eléctrica o de combustibles tradicionales.

COCINA SOLAR

Se han desarrollado en el mundo diversos aparatos para cocinar, con calor proveniente del sol. Algunos son de tipo horno, otros para cocinar en ollas y por último métodos indirectos de aprovechamiento (por ejemplo: cocina con gas metano proveniente de la biodigestión)

Fig.4.12 Cocina solar.

Fig.4.13 Horno solar de bajo costo (Convenio Brace R.I.- IAA-FAU-UNT, 2001)

Las cocinas para ollas consisten esencialmente en un concentrador parabólico, en cuyo foco se coloca el recipiente a calentar. Existen muchos modelos, desarrollados algunos para personas de muy bajos recursos y se caracterizan por necesitar radiación directa para funcionar, requiriendo de movimientos para seguir la trayectoria solar, cada l5 a 20 minutos.

HORNO SOLAR

Los hornos son cajas aisladas térmicamente y con planos reflectores que aumentan la incidencia solar que a través de un vidrio ingresa al interior. Una vez captada la energía suficiente para llevar el interior de la caja a una temperatura superior a 200 ºC, se tapa la misma con material aislante y se produce la cocción de alimentos. El horno solar presenta la ventaja sobre la cocina, en que no tiene que tener un cambio continuo de posición para el seguimiento solar.

Fig.4.14 Horno solar de bajo costo, con tapa reflectora regulable (Boldrini P. y S.L.Ledesma, 2002)

En distintas experiencias de transferencias a las escuelas primarias, se lograron modelos muy simples de hornos solares, como se pueden observar en las dos figuras anteriores y en las dos que siguen.

Uno de estos modelos, adaptado a un mínimo costo y con posibilidad de ser construido por personas sin capacitación específica, fue realizado en cartón corrugado reforzado con pintura, policarbonato o vidrio según se disponga en la zona y aislación con lana de vidrio. Este modelo es construido por los alumnos que reciben la capacitación, durante el transcurso de la clase teórico-práctica. Un esquema del armado de la tapa y del horno se puede observar en las figuras 4.16 y 4.17. (Lucardi M. y C.Seider, 1999), (C.Seider, 2000)

Fig.4.15 Desarrollo de una clase de capacitación para la construcción y uso de un horno solar del I.A.A.

Fig.4.16 Alumnos de una escuela primaria durante la construcción de un horno solar del I.A.A.

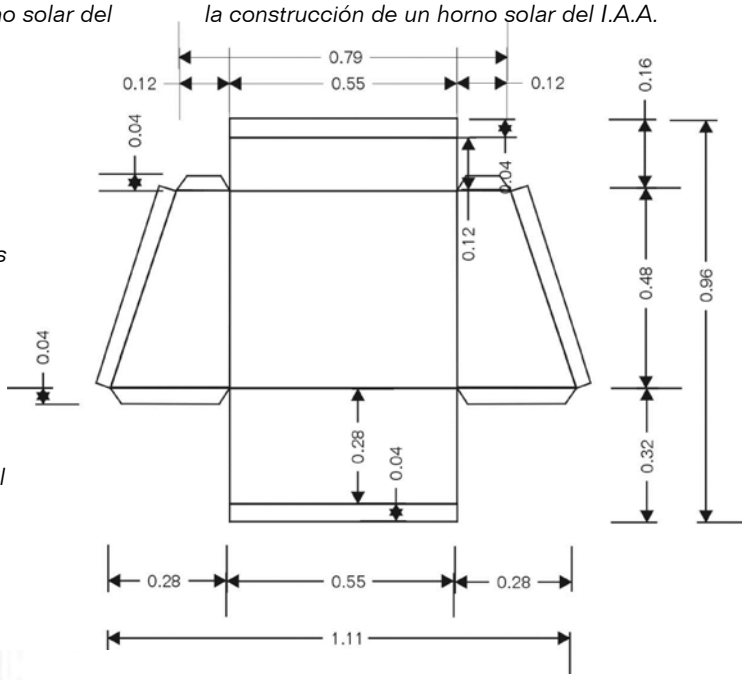


Fig.4.17 Detalle de cortes y doblados para construir el horno solar con cartón corrugado.

Una vez cortado el cartón, se doblan las aletas de la caja hacia dentro.

Para armar la caja es conveniente utilizar una remachadora o tornillos, ambos con arandelas para proteger el cartón.

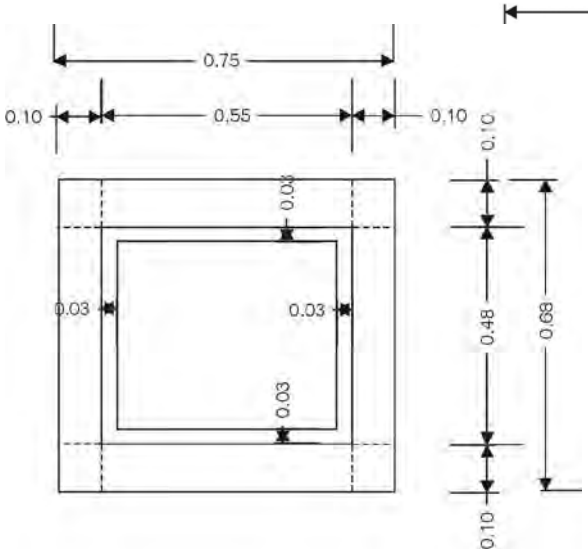


Fig.4.18 Detalle de corte y armado para la tapa del horno solar.

Se debe cortar la tapa conforme a las medidas del dibujo, luego cortar por las líneas de puntos y doblar a efectos de formar una caja, utilizando remachadora o tornillos con arandelas para ajustar.

Mediante una tijera o trincheta, cortar por el borde interior para dar lugar a la ubicación del vidrio o del policarbonato. Se debe colocar uno de estos materiales por dentro de la caja, sellando los bordes con sellador de siliconas o similar. Completar remachando o atornillando las esquinas del policarbonato al cartón de la tapa, en caso de utilizar este material transparente.

DESTILACIÓN DE AGUA

En zonas desérticas y de aguas no potable, representa uno de los usos más rentables de la radiación solar. Básicamente el destilador es una caja con el fondo ennegrecido o cubierto por un plástico negro, en donde se deposita el agua a destilar.

Esta caja se cubre luego con un material transparente (vidrio o plástico), que colocado con una pendiente adecuada llevará el agua pura del vapor condensado en su superficie interior hacia un colector, ubicado en el borde de la caja. La cubierta transparente también puede ser utilizada para recolectar agua de lluvias en un canal y llevarla hacia una cisterna.

En una experiencia dirigida por el autor y ejecutada por alumnos de una escuela, se llegó a determinar rendimientos del orden de 4 litros de agua por día y por metro cuadrado de superficie vidriada, habiéndose previsto aplicar este destilador de bajo costo para provisión de agua pura a una escuela de campaña. En la próxima figura se muestra el destilador diseñado para el Proyecto Universitario de Promoción Comunitaria, destinado a las residencias rurales ubicadas en zonas con aguas contaminadas.

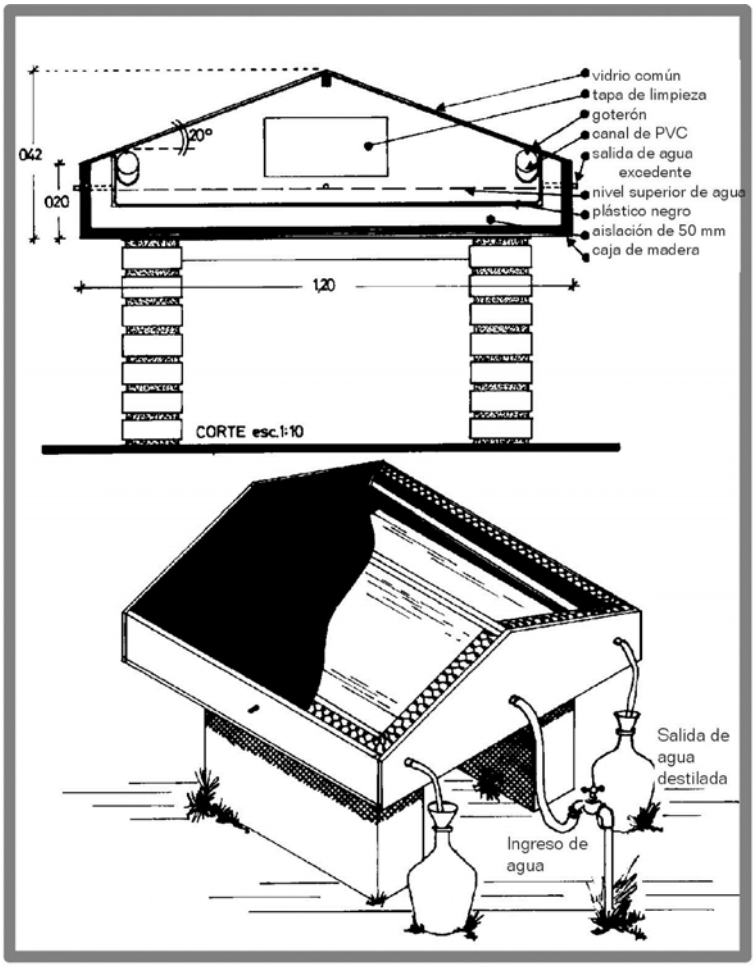


Fig. 4.19 Destilador solar diseñado para el P.U.P.C. (Gonzalo G.E. y M.A. Alauie, 1989)

INVERNADEROS PARA CULTIVOS

Es un aprovechamiento muy antiguo y experimentado de la energía solar. Actualmente se construyen invernaderos que contemplan la acumulación de calor para largos períodos, otros combinados con destiladores solares que permiten el riego gota a gota, y dispositivos de insuflación de aire por captores, que mantienen una estructura de plástico inflado, disminuyendo los costos y permitiendo una rápida instalación y traslado.

Un invernadero consta de una estructura sustentante y recubrimiento de vidrio o plástico, que permiten el paso selectivo de radiación de ondas cortas del sol y dificultan la pérdida en onda larga del interior del invernadero, y la pérdida convectiva, aumentando de este modo la temperatura dentro del mismo.

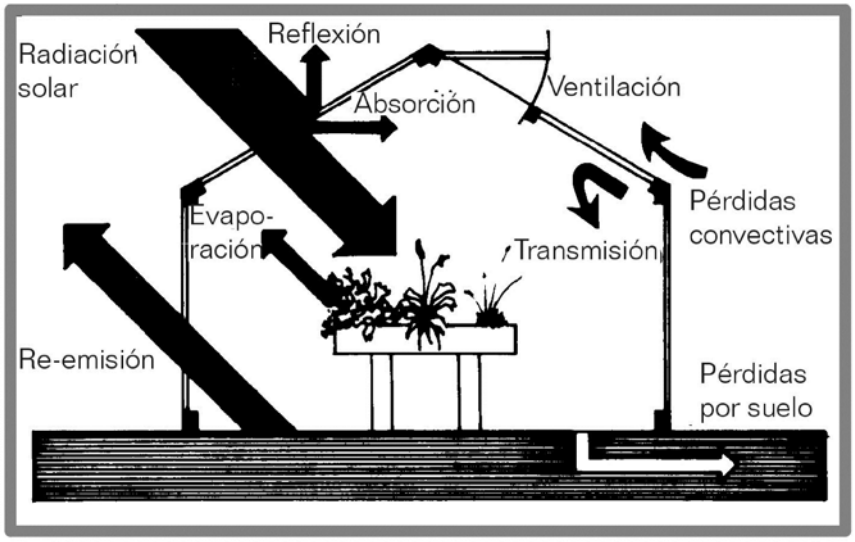


Fig.4.20 Invernadero para cultivos.

El diseño y construcción de un invernadero deberá contemplar varios factores para lograr un buen funcionamiento: evaluación correcta del sitio y selección de implantación, materiales y orientación de acuerdo a función y ganancias/pérdidas, cálculo de necesidades de acumulación y ventilación, etc.

SECADO SOLAR DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS (INENCO-UNSA, 1982)

La deshidratación o secado de productos agrícolas es una técnica antiquísima, de uso común en la actualidad. Se pueden distinguir dos procesos, que aunque tienen la misma finalidad, difieren en su aplicación.

El secado al sol, que es una técnica básica, consistente en exponer el producto en forma directa, es adecuado en zonas donde se dispone de extensión de tierras suficientes, una buena heliofanía y bajo costo de mano de obra.

El secado solar, proceso que se adecua a las características del secado industrializado, permite la reducción de combustibles o sustitución total por vía solar. Es ventajoso cuando existen altos precios locales de combustibles o falta de provisión regular, necesidad de mejorar la calidad del producto, costos altos de mano de obra y de tierra ocupada por el secado al sol.

SECADO AL SOL

Esta técnica consiste en colocar el producto en distintos soportes siendo entregada en forma directa la energía solar sobre el producto, el cual la absorbe utilizando parte en la evaporación mientras pierde el resto por convección del aire circundante, que promueve el movimiento del aire.

La ventaja que presenta el método es el bajo costo requerido, presentándose algunas desventajas, tales como: el producto puede ser atacado por insectos y animales, por lluvia, el tiempo de secado es prolongado, requiere gran cantidad de mano de obra y la calidad no es constante. Algunas ventajas se obtienen colocando un techo, transparente u opaco, de acuerdo a la temperatura que acepte el producto; o proteger los laterales para evitar los insectos y animales, el techo evita la acción de la lluvia y su elección regula la radiación aceptable.

SECADO EN GABINETES

La ejecución de gabinetes con techo vidriado permite una aceleración del proceso de secado y protección frente a los animales y lluvia. Tiene la desventaja de permitir secar pequeñas cantidades de producto y ser limitado el control de temperatura y flujo de aire, que disminuyen la calidad y el rendimiento térmico global.

De la energía recibida por el gabinete el 50% se pierde por conducción-convección por las paredes y vidrio, 25% se utiliza en calor sensible que eleva la temperatura del aire y el 25% restante es el que efectúa la evaporación del agua. En forma estimativa se eliminarán unos 2,5 Kg de agua por metro cuadrado por día.

El bajo volumen de secado hace del gabinete un sistema que se adapta a una producción familiar o para pequeños productores. Variaciones del gabinete pueden plantearse como la de disponer de varias bandejas y colocar un colector solar que precaliente el aire el aire de entrada.

SECADO EN INVERNÁCULO

Consiste en la ejecución de un invernadero en donde se coloca el producto a secar. Su techo y pared norte son transparentes, mientras que las paredes al sur y laterales son opacas y aisladas.

Este sistema permite el secado en el ámbito comercial, pudiéndose colocar ventilaciones regulables y guardar el exceso de calor durante el día mediante una acumulación. También se pueden aislar las ventanas durante la noche. La utilización del invernadero se limita a productos que necesitan temperaturas de secado relativamente bajas, ya que de lo contrario las pérdidas se vuelven demasiado grandes.

SECADO CON COLECTORES DE AIRE

Esta técnica se caracteriza por colocar el producto en una cámara oscura, a través de la cual se hace circular aire caliente proveniente de un colector de aire. Por los volúmenes de aire a mover se requiere normalmente de un ventilador.

Las ventajas del método son: permitir secar grandes volúmenes de producto, conseguir mayores temperaturas y obtener un buen rendimiento energético. Las principales desventajas son: necesidad de mayores inversiones y fluctuaciones importantes de temperatura con interrupción durante la noche.

A fin de extender el período de uso con energía solar y permitir una constancia de temperatura, se puede completar este sistema con acumulación y calentador auxiliar con combustible tradicional.

Los controles de funcionamiento permiten la operación automática del sistema, dirigiendo el aire y el encendido del calentador auxiliar.

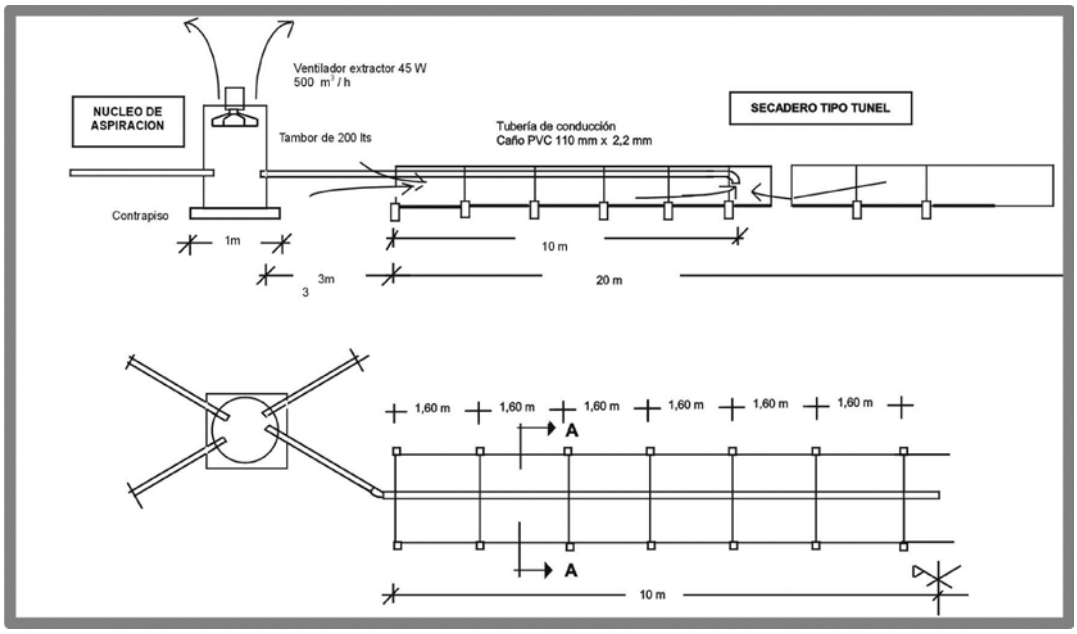


Fig. 4.21 Diseño de un sistema de secaderos solares tipo túnel, con apoyo de ventilación mecánica, para planta agro-industrial en los Valles Calchaquíes. (Geréz M. y Gonzalo G.E., 2002)

SECADO CON COLECTORES DE AGUA

Es una técnica similar a la anterior, pero en este caso el colector calienta agua que luego es bombeada a un acumulador. El secado se produce enviando el agua caliente a un intercambiador aire-agua, que calienta el aire que por circulación forzada toma contacto con el producto. La ventaja de este sistema frente al anterior, es que permite una mayor ductilidad de uso al posibilitar la transferencia a distancia y un mayor volumen de acumulación.

SECADO POR DESHUMIDIFICACIÓN

Consiste en la utilización de un producto químico sólido (p.ej. sílica gel), o líquido (p.ej. soluciones de cloruro de litio); que absorbe la humedad del aire. La regeneración del producto químico se realiza por medio de un colector solar que evapora el agua al aire del ambiente que circula en contracorriente.

La ventaja de este sistema es que no se pierde el calor sensible, que se lleva el aire caliente y húmedo en otro caso, y que requiere de colectores de bajo costo.

CÁMARAS DE SECADO

Dependiendo de diversas variables, entre ellas la forma del producto, su resistencia a la compresión y proceso del secado; se utilizan diversas cámaras.

A.- Secado en silos: para productos de forma redondeada y suficientemente resistentes. Ejemplos típicos de uso de silos como cámaras son el secado de granos y café.
B.- Secado en bandejas: para productos que no soportan presión. Las bandejas pueden tener tejido como superficie para permitir la circulación del aire por debajo. Los productos tienen muy buen trato en este sistema pero costos elevados de inversión y mano de obra.
C.- Secado por suspensión: el ejemplo típico de este método es el secado del tabaco, que se suspende en soportes.
D.- Secado en cintas o cilindros rotativos: para forraje, bagazo, etc., productos que por su tamaño o por ser una mezcla empapada en agua, no pueden ser manejados en forma individual. Este tipo de instalación también se usa para otros productos que sin tener esas características necesitan un rápido manipuleo automático.
E.- Secado por apilado: es característico el secado de madera, las cuales una vez cortadas se estiban dejando una separación conveniente para la distribución pareja del aire.

CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA

Consiste en la utilización de la energía solar en forma de luz, en vez de calor como veíamos anteriormente.

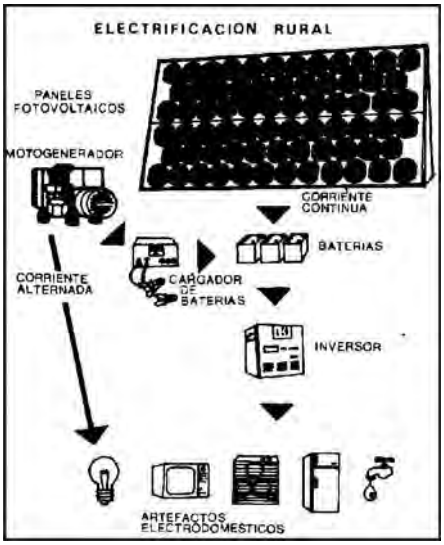


Fig. 4.22 Esquema de conversión fotovoltaica para electrificación rural. (Omega Electrónica SA, 1987)

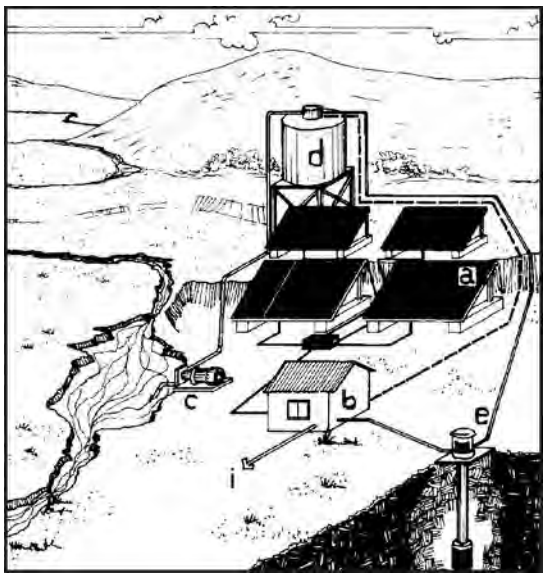


Fig. 4.23 Sistema fotovoltaico para extracción de agua. a) Colectores fotovoltaicos b) cabina control c) bomba de superficie d) depósito de almacenamiento e) bomba sumergida.

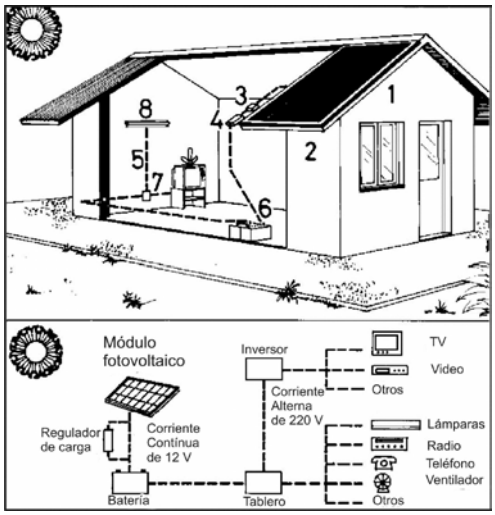


Fig. 4.24 Sistema fotovoltaico para vivienda unifamiliar.

Las células fotovoltaicas más difundidas para grandes superficies son las de silicio monocristalino. La radiación solar absorbida por el silicio y por la asimetría de propiedades eléctricas entre las dos caras, desprende electrones de valencia del material semiconductor.
Para aprovechar esta energía es necesario contar con los electrodos sobre las caras de las plaquetas y conectarlos a una carga. El otro en forma de grilla, es depositado en el frente de la plaqueta.
La célula lograda es luego recubierta en su cara delantera por una capa protectora antirreflectante.
Para lograr un aprovechamiento a nivel de accesorios eléctricos, es necesario conectar estas células en serie y en paralelo para aumentar así la potencia disponible. Esto genera módulos de células colocadas entre dos capas de vidrio, o vidrio y metal o goma sintética; siendo inundado el recinto con una resina para asegurar la estanqueidad. Los módulos se conectan en serie y paralelo integrando un panel o generador fotovoltaico.

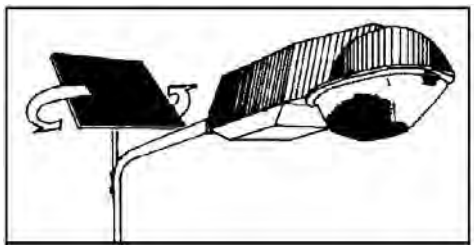


Fig. 4.25 Sistema fotovoltaico para iluminación de calles.

Cuando se necesite proveer energía en horas sin radiación solar, se deberá disponer de un almacenamiento, pudiéndose utilizar acumuladores de Ni-Cd para pequeñas potencias o de plomo para las mayores.

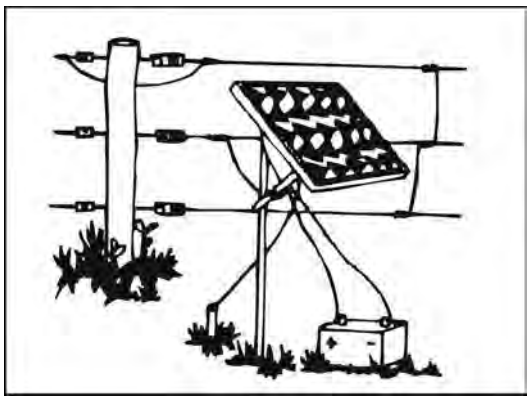


Fig. 4.26 Sistema fotovoltaico para control de hacienda por electrificación de alambrados.

Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por tener un alto costo de inversión, previéndose en los próximos años una fuerte reducción de los mismos por el uso de técnicas de producción masiva; pudiéndose convertir en un elemento importante para el suministro de energía eléctrica, sobre todo en zonas rurales.

BOMBEO DE AGUA

El bombeo de agua utilizando tecnologías solares tiene dos aplicaciones básicas: la irrigación y el consumo. Para estas aplicaciones se hace atractiva la vía solar, ya que se da una coincidencia de la época de mayor consumo de agua (verano), con la de mayor insolación. La intermitencia de la radiación no presenta problemas, ya que la acumulación se realiza con la misma agua en sistemas convencionales. Un sistema de bombeo solar contemplará los siguientes elementos: colector, motores, bombas y acumuladores.

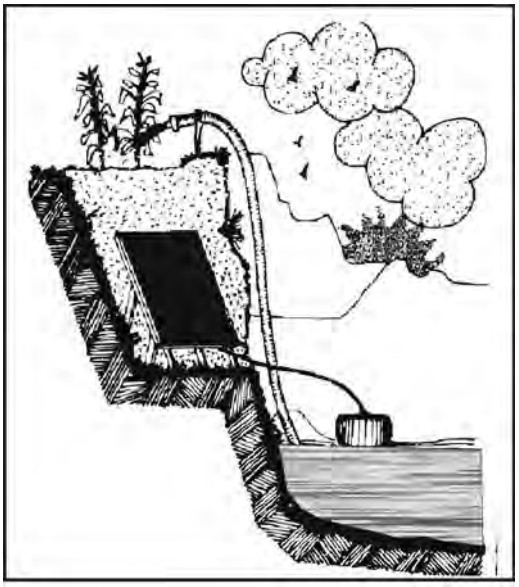


Fig. 4.27 Bombeo de agua por medio de sistema fotovoltaico.

Los colectores podrán ser del tipo plano, concentradores, celdas fotovoltaicas o pozas solares. Los motores varían según el tipo de colector pudiéndose utilizar turbinas de baja temperatura o motores de expansión con fluido orgánico para los captores planos o pozas.

CONVERSIÓN FOTOQUÍMICA

Más del 90% de la energía que actualmente se consume en el mundo proviene de reacciones fotoquímicas. El proceso de fotosíntesis, en donde las plantas convierten parte de la energía solar que reciben en energía química almacenable, hace posible la existencia de la vida tal como la conocemos.

En el proceso de fotosíntesis las plantas incorporan agua y dióxido de carbono de su medio ambiente, formando moléculas largas de carbohidratos al ser expuestas a la radiación solar, de la cual aprovechan ciertas longitudes de ondas características (principalmente la banda roja y azul del espectro visible, en el rango de 0,3 a 0,7 micrones)

En la síntesis de su propia materia, para generar el potencial energético elevado que requieren las sustancias que componen su citoplasma y las reservas celulares, la mayoría de los vegetales utilizan la energía solar y mediante la clorofila transforman compuestos de potencial químico bajo en sustancias energéticas, siendo este proceso vital el cuantitativamente más importante del mundo.

Aun nuestros combustibles tradicionales (petróleo y gas natural) tienen su origen en plantas y animales, a través de un proceso geológico de millones de años de duración. Las posibilidades tecnológicas de nuestros días permiten el procesamiento de materia orgánica para la obtención rápida de combustibles, como el metano y alcohol, requiriéndose de cambios políticos y socioculturales, además de los económicos, para concretar en forma rápida esta solución al problema energético.

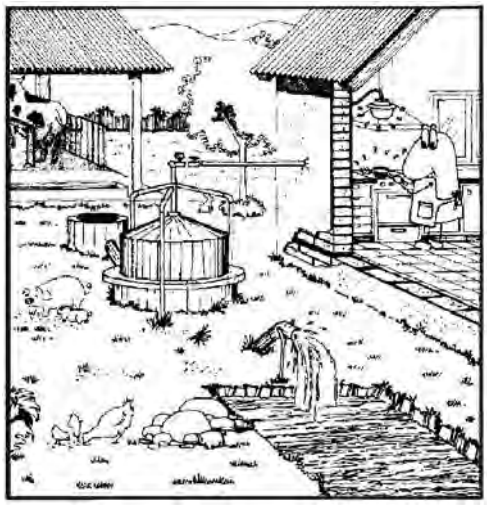


Fig. 4.28 Utilización de biogás para combustible doméstico y abono.

Una utilización básica de la biomasa para producción de energía lo constituye la combustión directa de productos vegetales de menor contenido de agua (p.ej. aserrín o residuos forestales) o vegetales deshidratados en secaderos, para los cuales como vimos anteriormente, la fuente solar se convierte en un elemento de fácil aprovechamiento. El valor calorífico de la madera varía mucho según el porcentaje de humedad que contenga y así, comparando con una madera recién cortada, una con un 25% de humedad y secada al aire produce 5 veces más calor y con menos del 5% de humedad por secado al horno, casi 7 veces. (Pilet P.E., 1963)

Otra posibilidad de utilización lo constituye la descomposición controlada o fermentación anaeróbica de residuos orgánicos y vegetales. El proceso consiste en el ataque y degradación microbiológica de la materia orgánica del sustrato, por medio de bacterias que actúan en ausencia de oxígeno, y que producen ácidos orgánicos y finalmente metano y dióxido de carbono, El gas metano es el principal componente del gas natural (95%) que se obtiene junto con el petróleo, y cuyo origen responde al mismo proceso de formación.

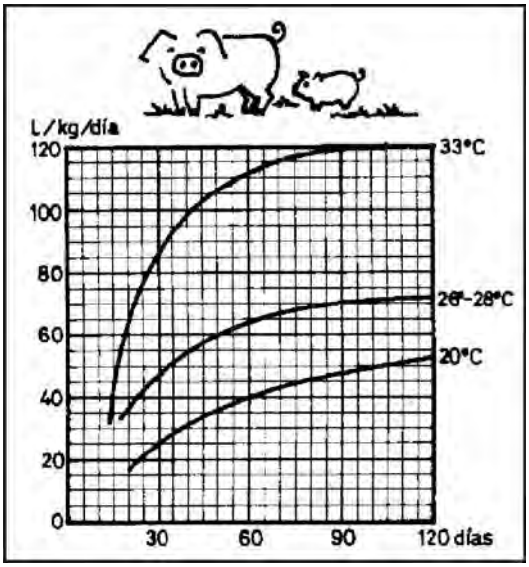


Fig. 4.29 Rendimiento de una planta de biogás con residuos porcinos, según temperaturas y permanencia. (GATE, Nº 2, 1991)

Las bacterias producen el biogás mediante la descomposición anaeróbica del material orgánico que es depositado durante un determinado tiempo en una cámara especial de fermentación, tiempo que depende básicamente del volumen de carga, del tipo de carga y de la temperatura de fermentación, así como de la estabilidad de la misma. Se produce así un gas rico en metano, llamado biogás, y un residuo rico en nitrógeno, denominado bioabono o efluente.

Un tiempo de fermentación prolongado va a ser conveniente para pequeños productores agrícolas-ganaderos, y permitirá complementar o reemplazar otras fuentes energéticas, tales como electricidad, combustible diesel o gas envasado, por ejemplo. (Sasse L., 1984)

Es un combustible de elevado poder calorífico y puede ser utilizado para cocina, alumbrado, calefacción, producción de electricidad, etc. La producción exitosa de gas por descomposición controlada, depende de varios factores, siendo los más importantes: la temperatura, el pH (grado de acidez) y la composición físico-química de la carga.

En lo que respecta a la temperatura, se presentan dos rangos de mayor producción de gas, en los cuales actúan bacterias específicas. Si el objeto del digestor es la obtención de gas y abono, es conveniente el trabajo en el rango mesofílico de temperaturas (30-40 ºC) y si es solamente gas, en el termofílico (50-60 ºC)

La adecuación de las temperaturas para estos procesos puede realizarse utilizando parte del calor producido, o bien recurriendo a la fuente solar a fin de calefaccionar el digestor sin gasto de combustible.

Una tercera forma de aprovechamiento de la biomasa lo constituye la fermentación alcohólica para la obtención de combustibles líquidos, como el etanol.

El aporte solar puede ser utilizado para activar todo el proceso de producción de alcohol o apoyar parte del mismo.

Así se puede disponer de captores planos para el calentamiento del tanque de fermentación y destiladores solares para la separación del combustible.

El proceso industrial convencional también puede ser adaptado fácilmente, a fin de reducir el costo de producción con el apoyo de la energía solar. En ambas situaciones se puede utilizar el recurso solar para el procesamiento terminal de los residuos de fermentación, que son adecuados para la alimentación de animales.

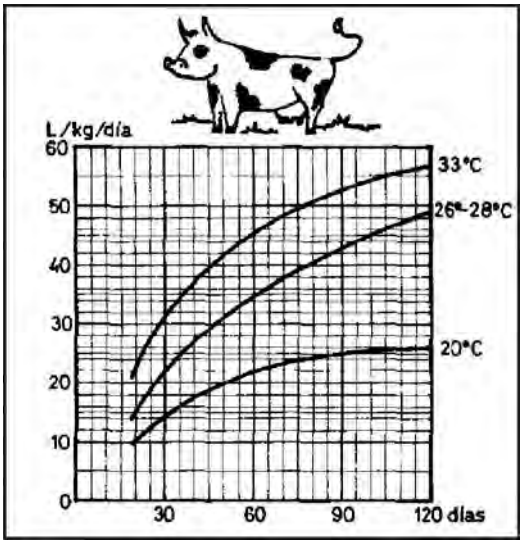


Fig. 4.30 Rendimiento de una planta de biogás con residuos vacunos, según temperaturas y permanencia.

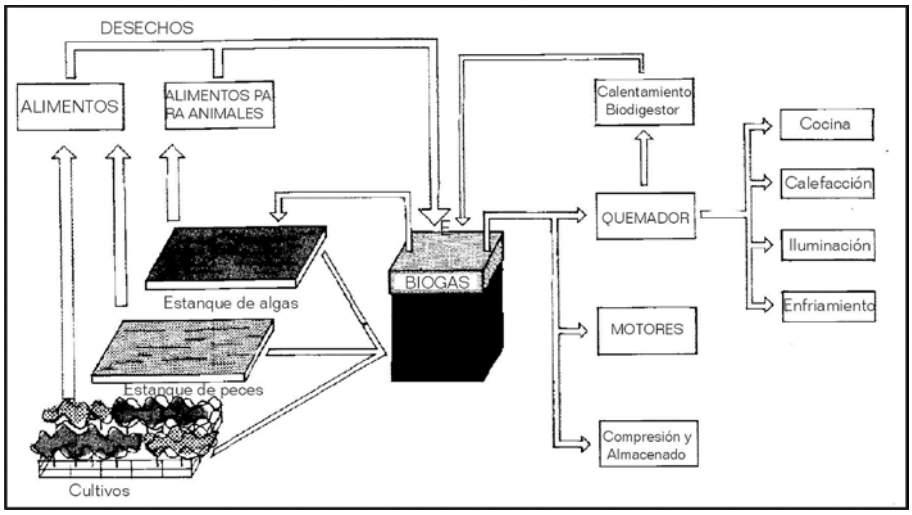


Fig. 4.31 Esquema de producción y uso de energía en una planta de biogás.

Esta forma de aprovechamiento de la biomasa permite reducir sustancialmente el consumo de combustibles tradicionales sobre todo en lo que hace al transporte, dado que puede ser combinado hasta un 20% con las naftas y producir mejoras en las mismas; o utilizarse en forma directa en automotores modificados. Para el primer caso se requerirá del alcohol anhidro y en el segundo se puede usar aún alcohol de baja graduación.

ENERGÍA EÓLICA

Es una de las formas de energía más antiguas que el hombre ha utilizado (barcos a vela, molinos, etc.) y sobre la cual se están desarrollando estudios en todo el mundo tratando de encontrar aerogeneradores cada vez más eficientes y hasta barcos mercantes a vela, que por control motorizado y por computadora de sus velas, lograr eficiencias similares a los barcos convencionales.

Se pueden implementar aerogeneradores de muy bajo costo, sobre todo para aplicaciones de bombeo de agua, con una inversión muy rentable y con la posibilidad de ser ejecutados con materiales de descarte.

El convenio Perú-Alemania Federal desarrolló un molino de viento para bombeo que se construyen con maderas de la zona y permite regar hasta 4 Ha durante todo el año, pudiendo bombear un caudal de agua de hasta 17,5 l/s con una velocidad de viento de 10 m/s. (Convenio Perú-Alemania, GTZ, 1987)

Quizá la primera utilización de la energía eólica fue el molino Persa de eje vertical (aproximadamente 200 a.C.) (Eldridge F.R., 1975). Más tarde se desarrollaron los molinos de eje horizontal con velas, que se pueden encontrar aún en funcionamiento.

A la extracción de energía por aerogeneradores puede seguir una conversión por generadores eléctricos, bombeo mecánico o bombas centrífugas para producción directa de calor.

El bombeo mecánico puede utilizar como fluido de transferencia el freón y por medio de una bomba de calor emplearlo para el acondicionamiento ambiental, o utilizar el aire almacenado como aire comprimido, que luego accione una turbina en plantas generadoras de electricidad o en automóviles. En el caso de utilizar agua se puede almacenar la misma, para ser usada como energía potencial en períodos de calma o directamente para irrigación.

La generación eléctrica puede usarse en forma directa, por corriente continua o alterna, o ser almacenada en baterías, o como aire comprimido, agua bombeada o gas hidrógeno extraído de una planta electrolítica.

La principal dificultad para la utilización en gran escala de aerogeneradores es que se debe disponer de vientos relativamente fuertes y sobre todo constantes a fin de hacer rentable su funcionamiento. Existen en estudio y en uso diversas variantes que permiten el almacenamiento de energía producida en períodos ventosos para ser utilizada cuando se producen calmas. La descomposición electrolítica del agua, que produce gas oxígeno e hidrógeno, y su posterior recombinación en una célula de combustión para producir corriente eléctrica es una de ellas.

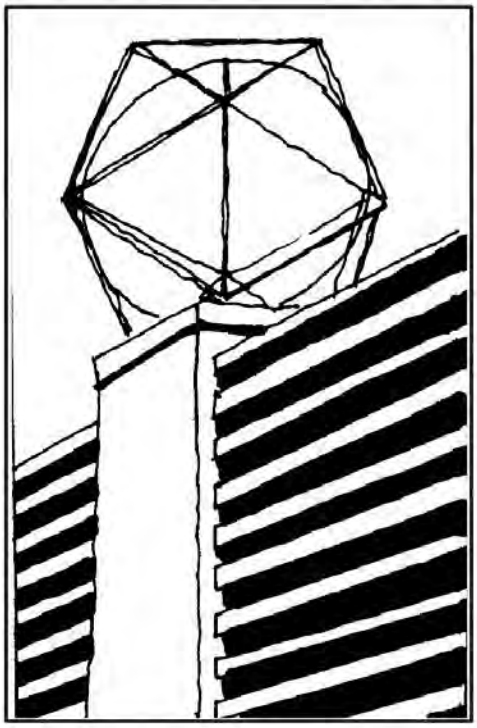


Fig. 4.32 Molino eólico de eje vertical integrado a un edificio.

Fig.4.33 Fotomontaje de una turbina eólica desarrollada en el I.A.A., en el techo de una vivienda. (Geréz M. y Gonzalo G.E., 1998)

Fig. 4.34. Colector de tipo Savonious que está bajo experimentación en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. (Geréz M., Tortonese A. y G.E.Gonzalo, 2000)

En el caso de usar agua, se puede almacenar la misma para el uso de energía potencial en períodos de calma o directamente para irrigación.

Los aerogeneradores que tiene una potencia nominal inferior a los 150 kW resultan especialmente atractivos para la generación dispersa de energía eléctrica, habiéndose alcanzado costes altamente competitivos, que

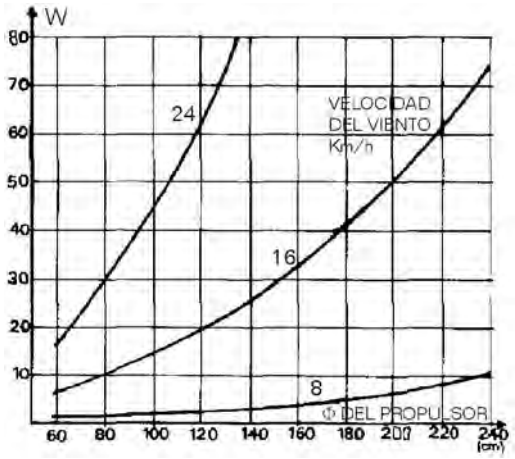


Fig. 4.35 Energía obtenida de un generador eólico según diámetro del propulsor y velocidad del viento.

hacen de los sistemas de conversión eólica de pequeña y mediana potencia una de las alternativas más consolidadas en el uso de las energías renovables. (Instituto de Energías Renovables, 1988)

La generación eléctrica puede utilizarse luego en forma directa en corriente continua o alterna, o ser almacenada en baterías, como aire comprimido, agua bombeada o gas hidrógeno producido en una planta electrolítica.

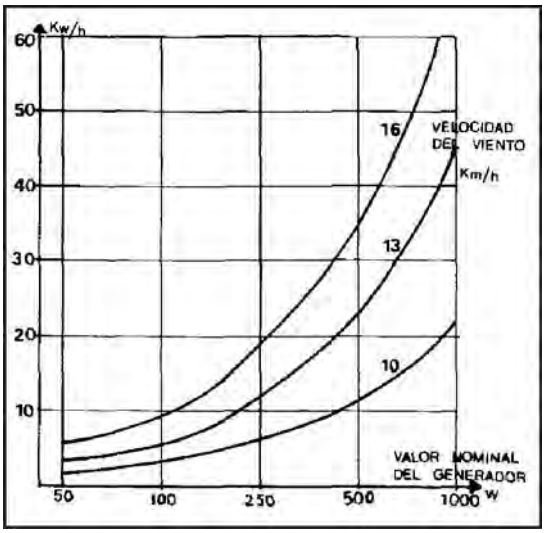


Fig.4.36 Producción mensual promedio según valor nominal de generador y velocidad del viento. (Clews H., 1980)

Fig. 4.37 Detalle de la turbina Savonius doble, construida en el IAA-FAU-UNT.

ENERGÍA GEOTÉRMICA

Se piensa que la fricción por movimiento de las rocas y el deterioro de materiales nucleares en el interior de la Tierra, además de la influencia de las mareas y otras fuentes secundarias, son los que originan el calor geotérmico. El uso de esta forma de energía implica la producción de electricidad basada en las fuentes naturales de agua caliente o vapor y en la inyección de agua hacia rocas calientes situadas en mantos profundos. Se comenzó aprovechando el vapor que surgía espontáneamente en algunos lugares del planeta, y se puede determinar el año 1905 como fecha de la primera experiencia práctica realizada en Italia por Conti.

Luego se desarrolló la tecnología de perforación, en forma similar a la explotación petrolera y se iniciaron los trabajos de exploración y perforación de pozos geotérmicos para extracción de vapor y agua caliente. Por último se desarrolló la técnica de extracción de calor de la tierra en forma artificial, al inyectar agua en capas de rocas calientes y aprovechar luego el vapor producido. Esta técnica permite controlar mejor las variables de utilización de la fuente geotérmica.

En Islandia las casas y huertos de la población están calentados geotérmicamente, por medio de canalizaciones que llevan agua de manantiales naturales.

ENERGÍA DE LOS MARES

Se puede obtener energía utilizando las diferencias de temperaturas existentes en mares profundos, entre las aguas cálidas de superficie y frías del fondo; por usinas mareomotrices en lugares de altos desniveles entre pleamar y bajamar y por el aprovechamiento de la fuerza mecánica del oleaje mediante dispositivos flotantes.

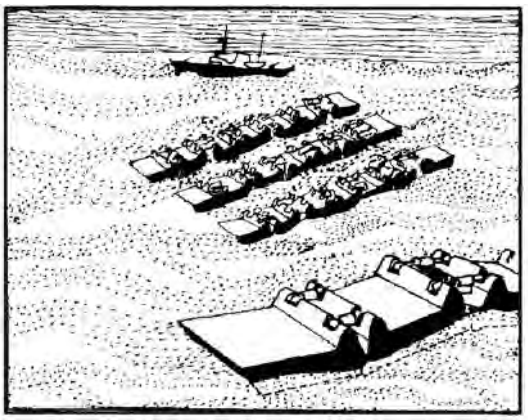


Fig. 4.38 Sistemas para aprovechamiento de la energía del oleaje.

Existen una veintena de lugares en el mundo en donde la amplitud de las mareas es muy grande (más de 10 m) y en donde es factible la construcción de un dique que no afecte su funcionamiento. Estas bahías y golfos podrían suplir globalmente centenares de miles de GWh por año, estando la tecnología desarrollada a partir de la construcción de la usina en Rance, Francia, con una potencia instalada de 240 MW.

El golfo de San Jorge en el sur Argentino es uno de los potencialmente más importantes lugares del mundo para la aplicación de esta tecnología.

CALENTAMIENTO DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO

Este es uno de los usos más difundidos de la energía solar, con sistemas que van desde tanques pintados de negro y expuestos al sol, hasta complejos colectores y acumuladores con sistemas de energía auxiliar para suplir la ausencia del sol.

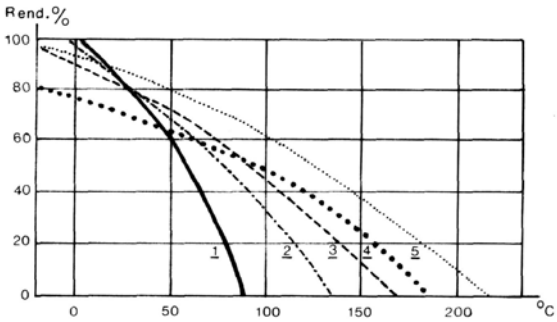
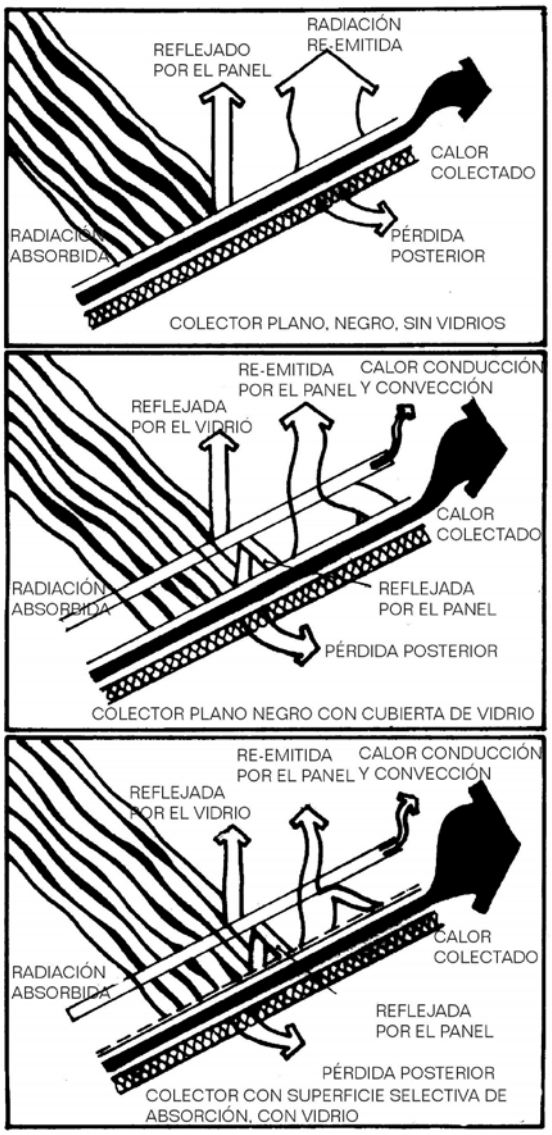


Fig. 4.39 Rendimientos de absorbedores a distintas temperaturas, con:

1) sin vidrio 2) con una, 3) con dos, 4) con tres capas de vidrio y 5) con una capa de vidrio y pintura selectiva. (Yañez G., 1974)

Conforme a la temperatura que se desee obtener para el agua y a la función que va a desempeñar el colector o absorbedor solar y a las condiciones climáticas, éste podrá tener distintas capas, desde el colector sin vidrios hasta absorbedores cubiertos con uno, dos y hasta tres vidrios.

La plancha colectora podrá estar pintada con pintura negra común o tener una superficie selectiva, cuya característica principal es la de contar con una absorción alta para las ondas cortas del sol y baja emisividad de las largas, consiguiendo una mayor elevación de temperatura.



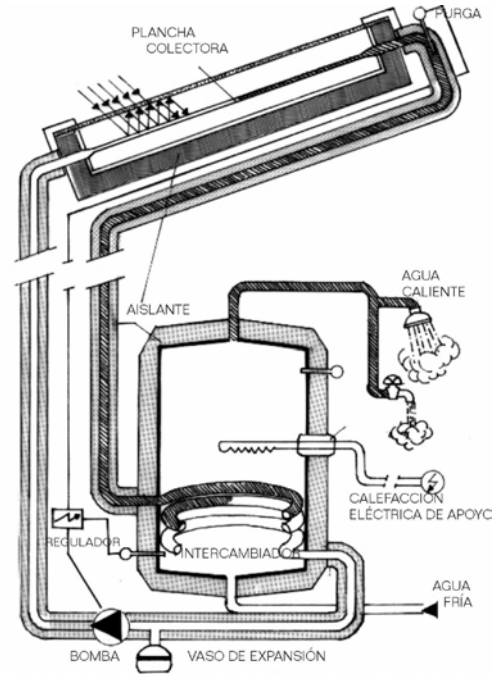


Fig. 4.41 Componentes de un sistema de calentamiento de agua solar.

Fig. 4.40 Calor colectado en distintos absorbedores.

El acumulador del sistema podrá ser un recipiente del tipo de los termotanques comerciales, o un tanque especial con un intercambiador en serpentina o de bandeja, debiéndose cuidar el correcto aislamiento térmico perimetral. El típico sistema comercial tiene los siguientes componentes:

Las cañerías deberán revestirse normalmente con material aislante y la circulación podrá efectuarse por termosifón, con lo cual el acumulador deberá estar ubicado por lo menos a 0.60 m sobre la salida superior del colector; o por bombeo, ubicándose entonces la acumulación en cualquier lugar. El medio de transporte del calor es en algunos casos la misma agua de consumo y en los sistemas cerrados, con intercambiador, agua que usualmente lleva productos desincrustantes y anticongelantes.

La plancha colectora va a tener una inclinación con respecto a la horizontal que va a depender de la radiación solar del lugar y del funcionamiento del sistema general de calentamiento del agua. En general se puede decir que el valor de la latitud más 10º permitirá una buena captación durante todo el año.

En cuanto a la orientación es conveniente que el absorbedor mire directamente hacia el norte y una desviación pequeña de 15º hacia el este u oeste no bajarán mucho el rendimiento, que sí empieza a disminuir rápidamente cuando se excede un ángulo de 30º. Sobre este punto sería recomendable disponer de los datos meteorológicos de una estación cercana a la ubicación del sistema de calentamiento, a efectos de calcular con precisión y de acuerdo al destino funcional del mismo, la inclinación y orientación precisa.

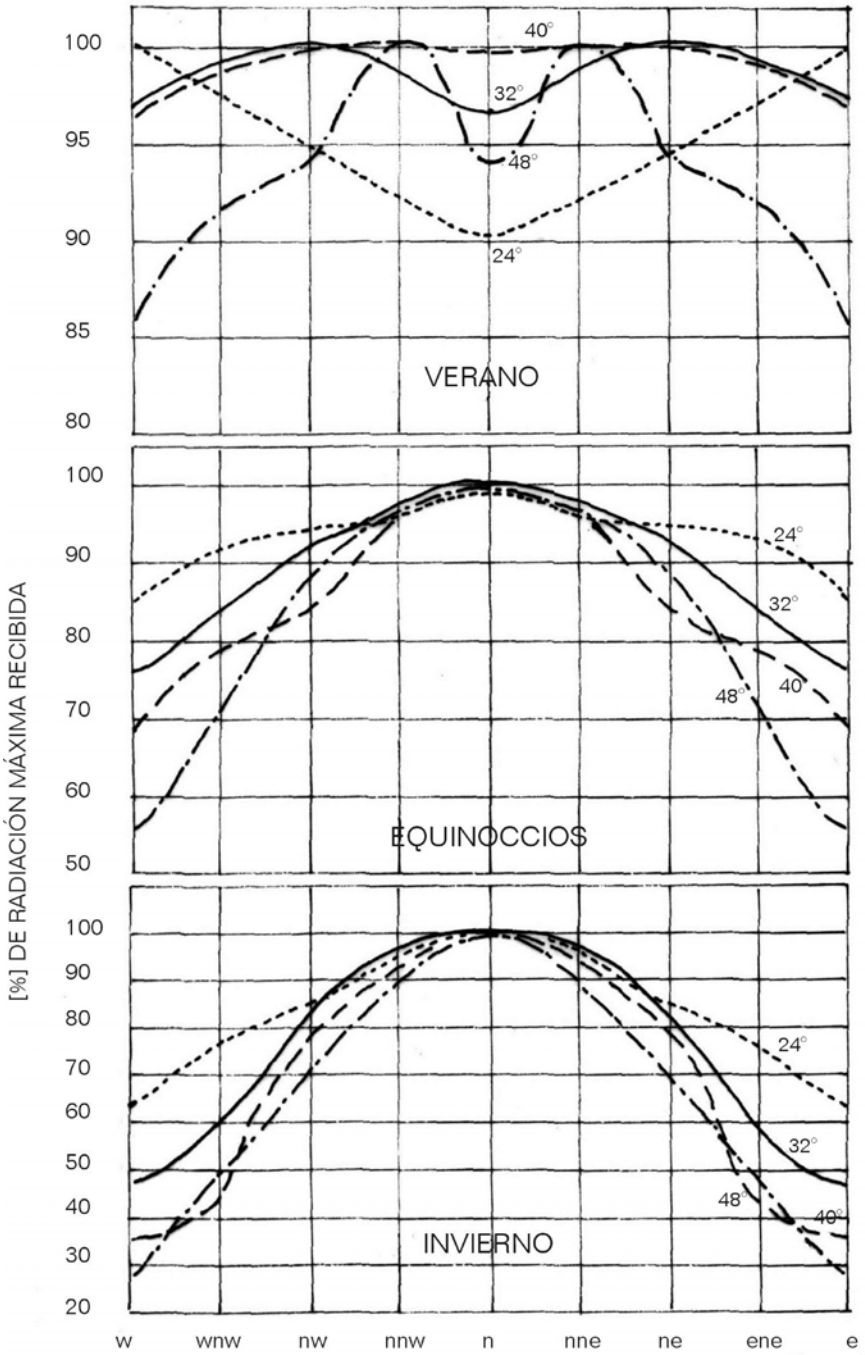


Fig. 4.42 Efectos de la orientación de colectores solares. (la inclinación de los colectores es igual a la latitud del lugar)

Un sistema muy simple de colector acumulador fue desarrollado por el autor y aplicado en residencias rurales del Proyecto Universitario de Promoción Comunitaria, para pobladores de escasos recursos económicos.

Este sistema se basa en la modificación, por autoconstrucción, del usual tanque de asbesto-cemento para reserva de agua, con una cubierta de plástico y aislación hacia el sur. El sistema fue desarrollado con la intención de disminuir el consumo energético para el calentamiento de agua, con un mínimo costo de ejecución y permitiendo que pueda ser realizado totalmente por auto-construcción.

Se planteó el sistema de colector solar-acumulador, el cual actúa como un sistema complementario a los tradicionales, presentando la ventaja de ser muy económico, sencillo, fácil de construir y que permite una elevación promedio de la temperatura de 15 °C aproximadamente.

Este sistema está compuesto por un tanque acumulador, el que puede ser un tanque estándar. Este tanque es pintado de negro mate, de manera de lograr la mayor absorción de la radiación solar; es aislado térmicamente con lana de vidrio o poliestireno expandido en su cara sur y cubierto con una funda plástica transparente, que actúa como trampa de calor.

La cañería que conduce el agua pre-calentada desde el tanque colector solar-acumulador hacia el calentador convencional de agua, es aislada térmicamente.

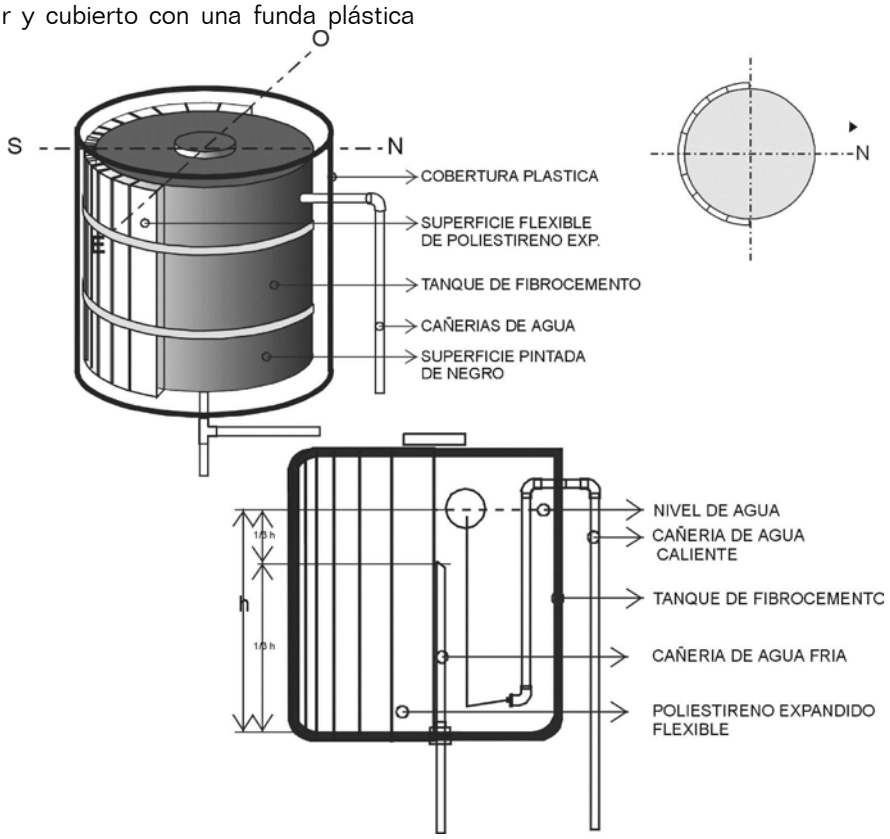


Fig. 4.43 Colector-acumulador para generación de agua caliente solar, desarrollado para el Proyecto Universitario de Promoción Comunitaria. (Gonzalo G.E., S.L.Ledesma y otros, 1998)

La distribución, sistemas auxiliares y controles para los sistemas de calentamiento de agua de uso doméstico, se podrán realizar de múltiples modos, indicando a continuación en forma gráfica algunos de ellos:

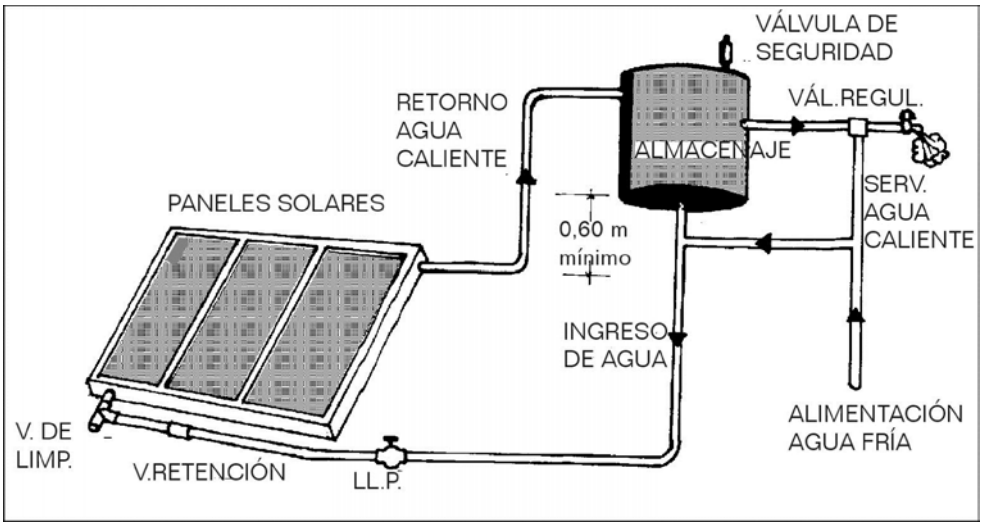


Fig. 4.44 Sistema termosifónico para calentamiento de agua solar. (C.D.A., 1979)

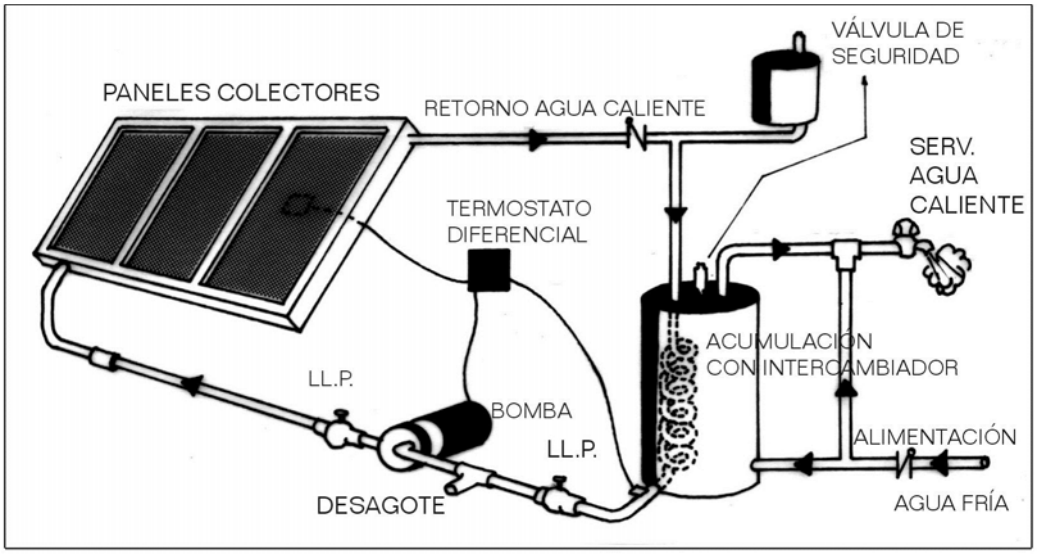


Fig. 4.45 Sistema de calentamiento de agua con bombeo y acumulación con intercambiador.

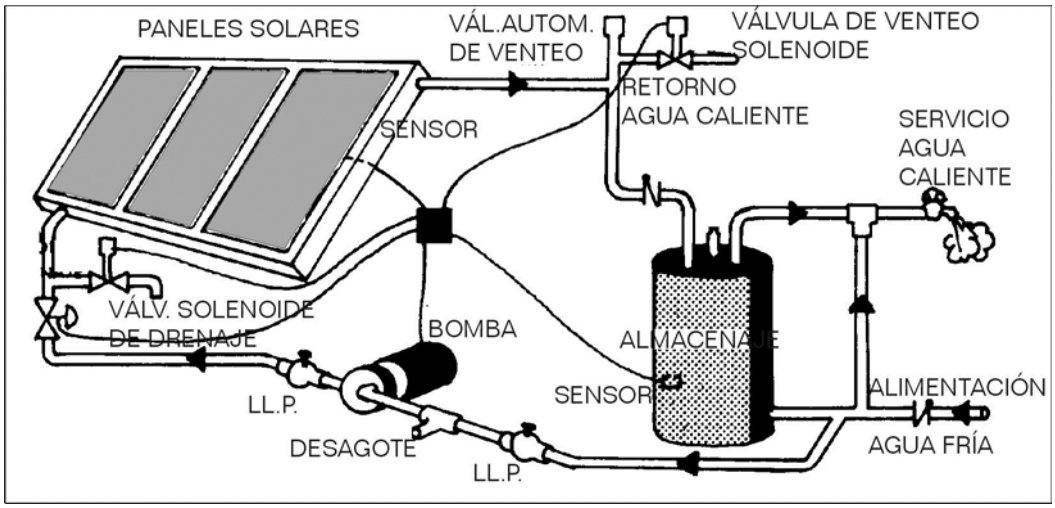


Fig. 4.46 Sistema termosifónico presurizado para calentamiento de agua solar.

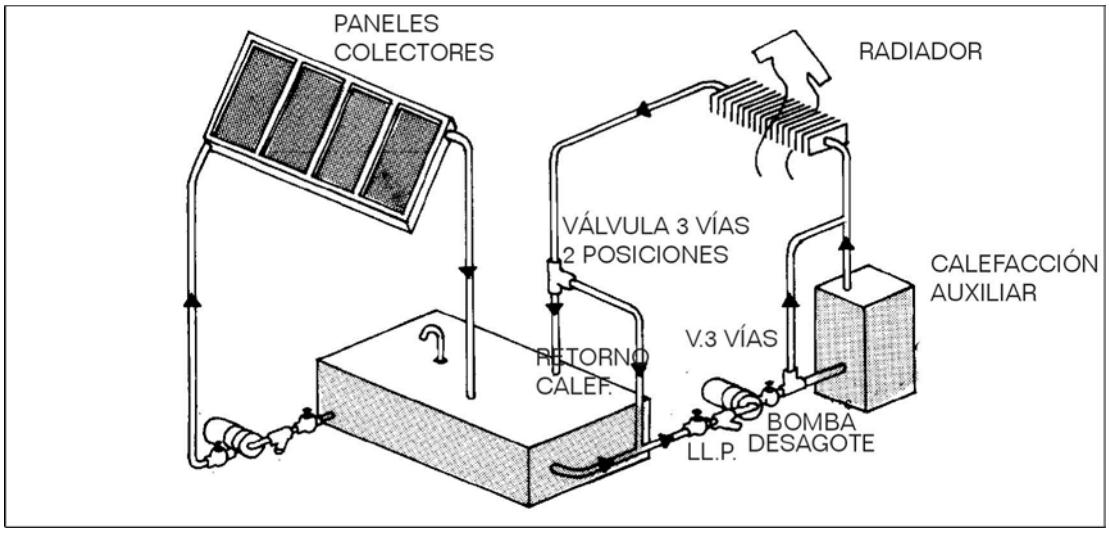


Fig. 4.47 Sistema presurizado para calefacción, con circuitos separados.

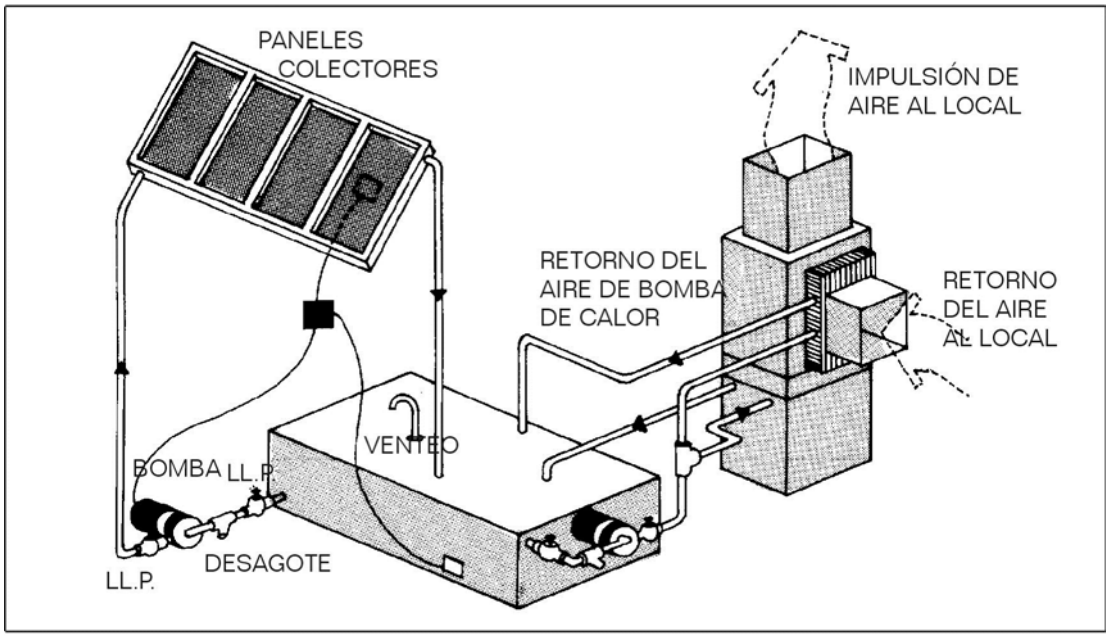


Fig. 4.48 Sistema presurizado para calefacción, con sistema de acumulación e intercambiador agua-aire.

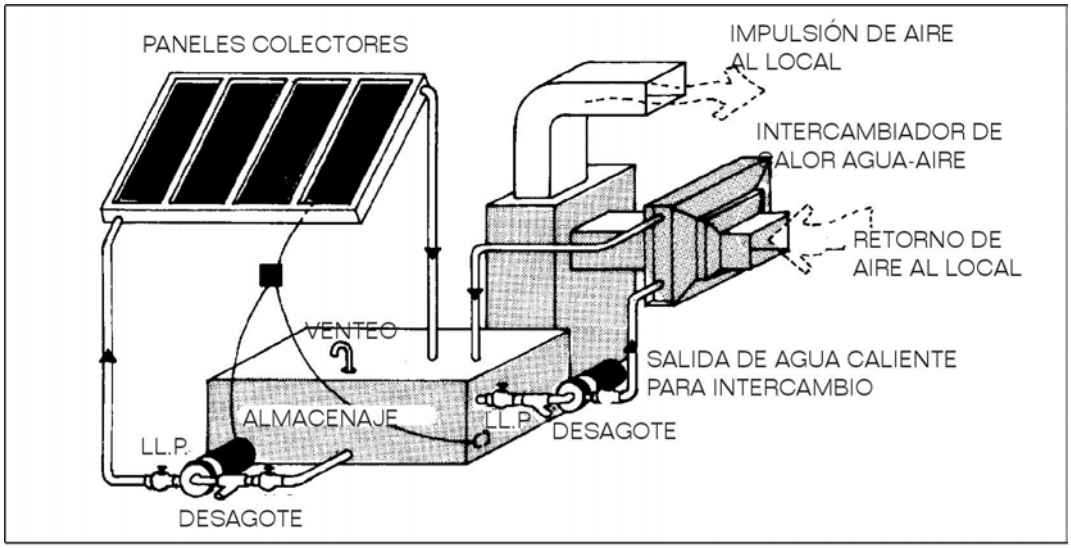


Fig. 4.49 Sistema presurizado para calefacción, con impulsión directa de aire e intercambiador agua-aire.

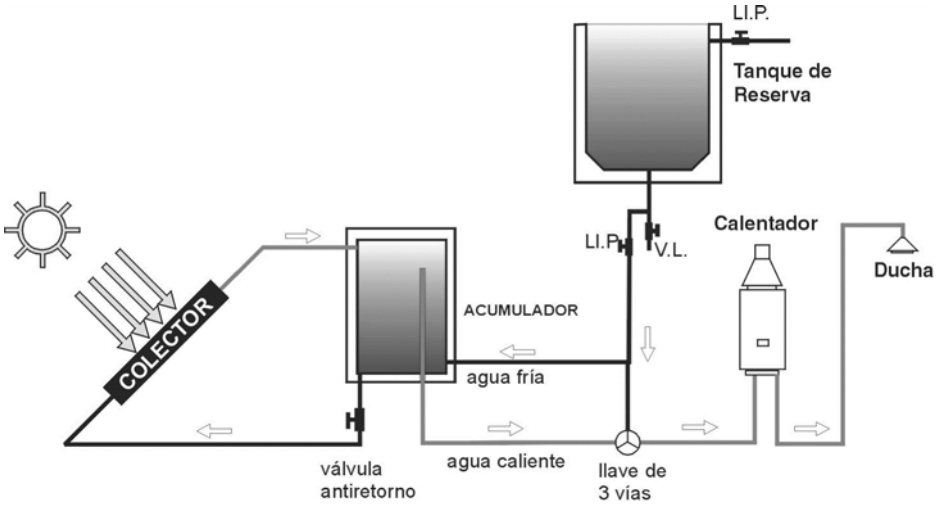


Fig. 4.50 Esquema de integración del sistema de calentamiento solar de agua, con el sistema convencional. (Nota V.M.et al., 1999)

Se deben tomar precauciones a fin de no incurrir en errores de montaje para estos sistemas, entre los que destacamos gráficamente:

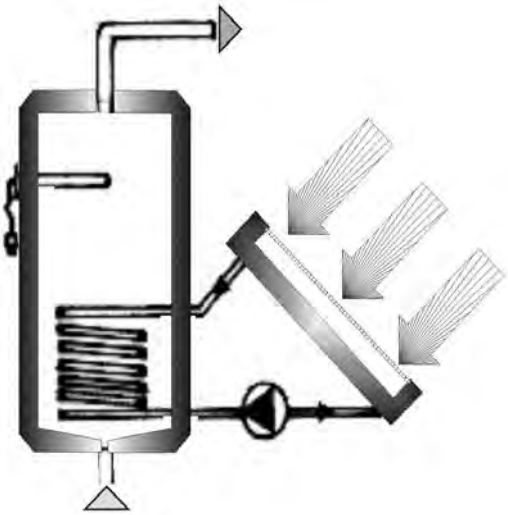


Fig. 4.51 CALEFACTOR AUXILIAR EN EL TANQUE. El calefactor auxiliar está alojado en el mismo tanque de acumulación transformando al colector en disipador de calor cuando la bomba funciona.

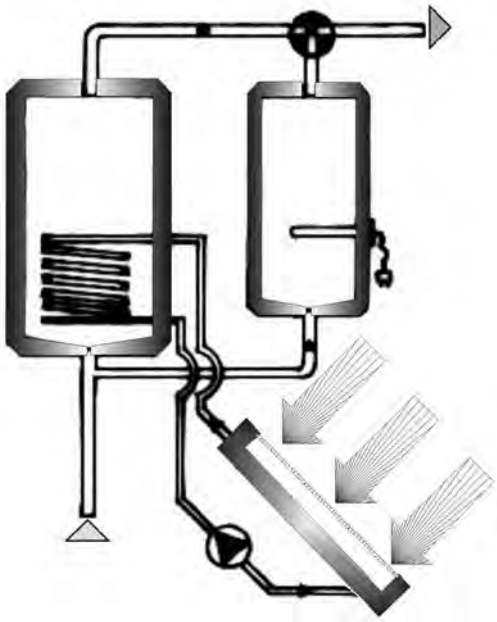


Fig. 4.52 TERMOTANQUE AUXILIAR ALIMENTADO CON AGUA FRÍA. Cuando se consume agua del termotanque ingresa agua fría de la red en vez de agua precalentada en el absorbedor solar, al ser desconectada la instalación solar cuando el termotanque funciona.

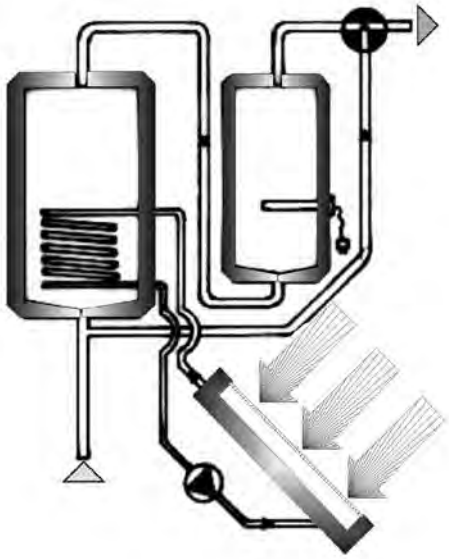


Fig. 4.53 SISTEMA CON VÁLVULA DE MEZCLA. Si bien el sistema es correcto, el uso de una válvula de mezcla a la salida para evitar el sobrecalentamiento, es un disipador de energía. (es preferible tapar parcialmente los colectores)

En cuanto a las formas correctas de relacionar los distintos sistemas que componen un equipo para calentamiento de agua, el más simple es el que funciona por termosifón y que cuenta con un sistema de calefacción auxiliar de apoyo a la salida del tanque acumulador, antes del consumo.

A veces se coloca una válvula de retorno para evitar la circulación convectiva invertida entre los absorbedores y el acumulador, cuando el calefactor auxiliar esta dentro de este último, pero las presiones termosifónicas son tan bajas que dicha válvula debe ser extremadamente sensible para poder funcionar correctamente.

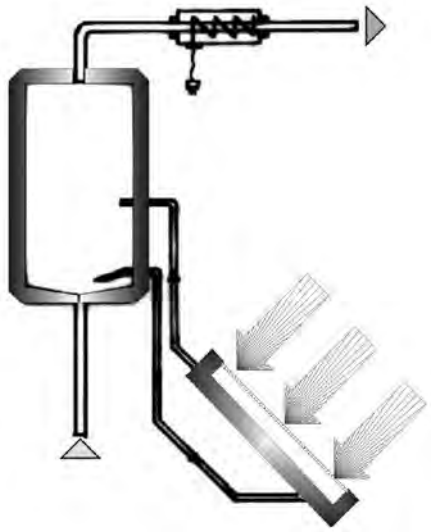


Fig.4.54 Calefactor de apoyo al final del circuito.

En las próximas figuras podemos ver esquemas de conexión correctos, siendo sólo algunos ejemplos entre las múltiples formas adecuadas que se pueden utilizar.

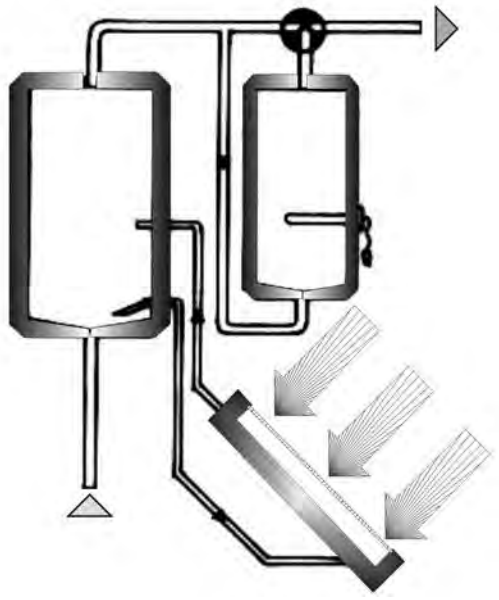


Fig. 4.55 Calefacción solar y de apoyo separadas y complementarias. Si la temperatura del agua es la adecuada, la válvula la deja pasar directamente al consumo, sino la redirige al tanque auxiliar.

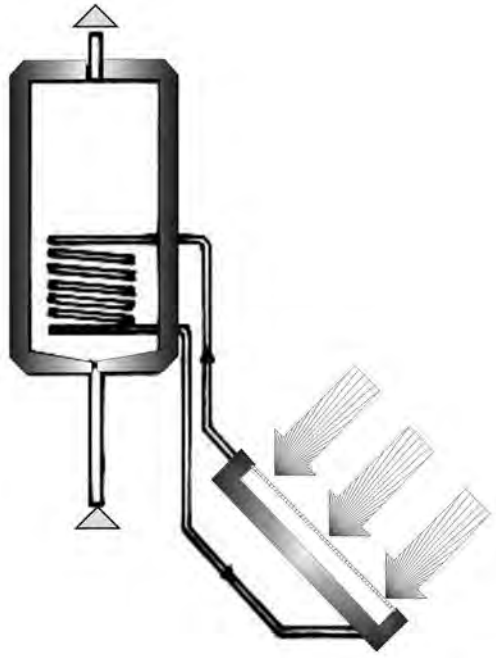


Fig.4.56 Sistema básico termosifónico con intercambiador.

SISTEMAS ENERGÉTICOS NO CONVENCIONALES EN EL HÁBITAT RURAL

Como vimos, muchas de las aplicaciones tecnológicas que utilizan fuentes de energías no convencionales pueden mejorar las condiciones actuales del hábitat rural y los factores productivos asociados al mismo, generando un mayor rendimiento económico en productos y procesos habituales en nuestro campo, pudiendo ser incluidos en la categoría genérica de Tecnologías Apropiadas. (Gonzalo G.E., 1989)

Estos sistemas energéticos pueden utilizar básicamente la energía solar, pero también derivaciones de ésta, como la hidráulica, eólica, biomasa, etc.

La conversión de estas energías en otras utilizables para realizar diversos procesos, se lleva a cabo según el mismo esquema de componentes que ya indicamos

La complementación e integración de los sistemas energéticos y equipos permitiría lograr comunidades rurales con una alta autonomía y con un sustancial mejoramiento de la calidad de vida y del rendimiento productivo, ya que es en el campo y sobre todo en localidades aisladas, en donde los sistemas energéticos no convencionales se convierten en fuertemente competitivos con las energías convencionales.

Por supuesto, como ya indicamos en el capítulo 1, éste es sólo un aspecto de un análisis más amplio que debe realizarse a fin de obtener modelos de desarrollo de aplicación exitosa.

Muchos de los equipos enunciados pueden ser de aplicación inmediata, posibilitando la solución de problemas parciales que se presentan en el medio rural.

La autosuficiencia energética y productiva y la generación de excedentes capitalizables, se pueden obtener mediante la integración de unidades productivas-consumidoras familiares, integradas en pequeños agrupamientos, los cuales constituyendo “racimos” de grupos, constituirían en definitiva comunidades estables, con una adecuada calidad de vida.

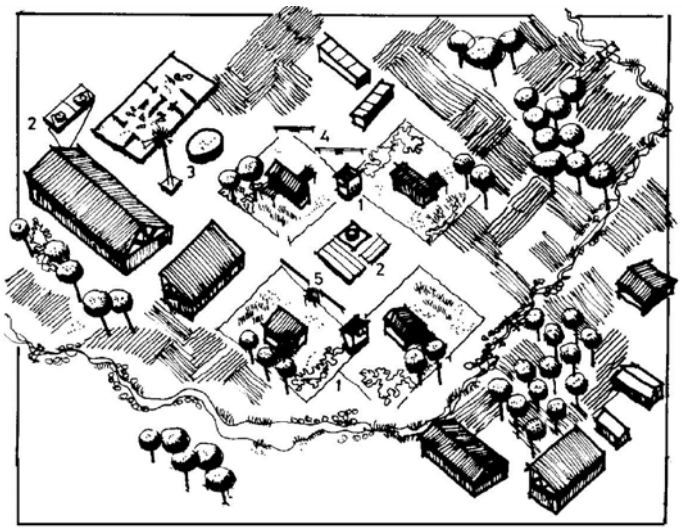


Fig.4.57 Desarrollo energético para una comunidad rural:

(Gonzalo G.E., S.L.Ledesma Y C.Bonani, 1986)

1) Agrupamiento de viviendas.

2) Planta de biogás

3) Generador eólico.

4) Colectores solares.

5) Destiladores solares.

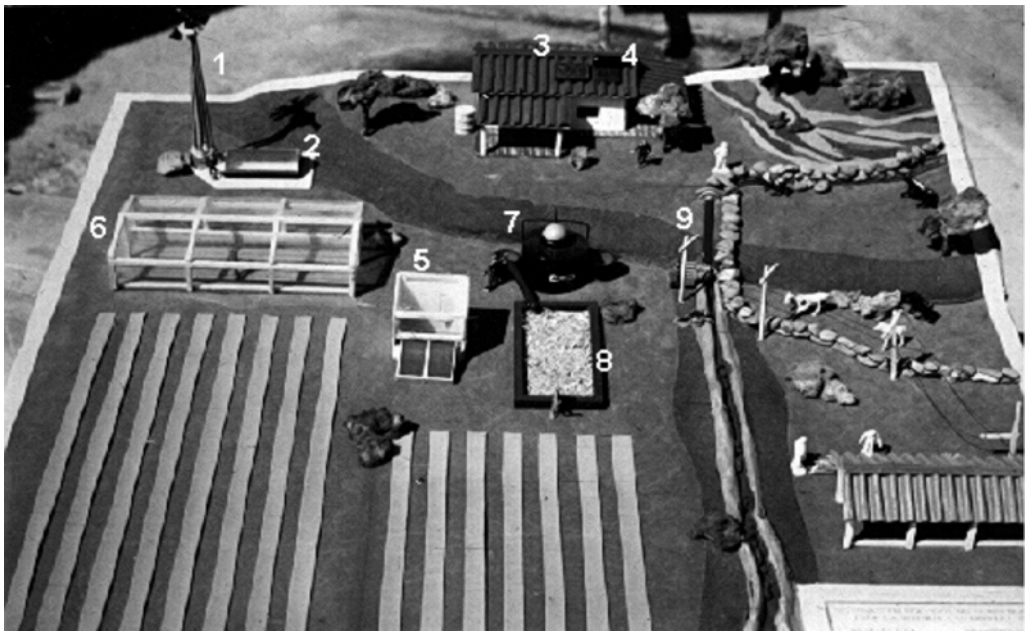


Fig. 4.58 Maqueta demostrativa de explotación rural con sistemas energéticos no convencionales: 1) molino eólico para bombeo de agua. 2) depósito y destilador solar de agua. 3) sistema fotovoltaico para producción de electricidad. 4) calentador de agua solar. 5) secadero solar de frutos. 6) invernadero. 7) planta para producción de biogás a partir de desechos humanos, animales y vegetales. 8) estanque para peces y cultivo de algas para abono. 9) micro aprovechamiento hidráulico.

Fig. 4.59 Poblador de los Valles Calchaquíes, auto-construyendo el colector-acumulador de Fig. 4.44. (Gonzalo G.E. et al., 1990)

REFERENCIAS

• Baker N.V., (1987) "Passive and low energy building design for Tropical island climates", London, Commonwealth Science Council.

• Bayerisches Staatsministerium des Innern, Oberste Baubehérde, (1986) "Energie und Ortsplanung", Ménchen, B.S.I.

• Boldrini P. Y S,L.Ledesma, (2002) "Diseño de sistemas de cocción no convencionales, para comedores escolares de la provincia de Tucumán". Seminario de iniciación en la docencia e investigación, IAA-FAU-UNT.

• Canadian Hunger Foundation, (1979) "Un manual de tecnología apropiada", Ottawa, CHF.

C.D.A., (1979) "Solar Energy Systems", New York, Copper Development Ass.

• C.E.E., (1986) "Proyectos Europeos de demostración en el campo de la energía", Bélgica, Comisión de Comunidades Europeas.

• Clews H., (1980) en "Cómo usar las fuentes de energía natural", recopilación de Stoner C.H., México, Diana.

• COMES, (1978) "Soleil apprivoisé: eau chaude é volonté", Francia, Commissariat é l'Energie Solaire.

• COMES, (1979) "L´energie solaire", Francia, Commissariat é l'Energie Solaire.

• Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, (1982) "Recurso eólico en Argentina", Buenos Aires, F.A.A.

• Convenio Brace R.I.- IAA-FAU-UNT, (1999). "Cocina Solar: cartilla de enseñanza para construcción y uso". Seider C. Becario, Gonzalo G.E. Director, Negrete J.R. Co-Director.

• Convenio Perú-Alemania, (1987) "Molino de viento tipo Miramar", Perú, GTZ.

• Diccionario Enciclopédico Salvat, Tomo V, Madrid, Ed.Salvat, 1955.

• Eldridge F.R., (1975) "Wind Machines", Washington, National Science Foundation.

• GATE,Nº2,(1991) "Post-harvest processing", Alemania, GTZ.

• Geréz M, Tortonese A. y G.E. Gonzalo, (2000). "Turbina Savonius para la generación de energía eléctrica", VI Encuentro Nacional de Confort en el Ambiente Construido, Campinas, SP, Brasil.

• Geréz M.y G.E. Gonzalo,(1998) "Turbinas Savonius para bombeo de agua y producción de energía eléctrica", Revista Avances en Energías Renovables y Ambiente, Salta.

• Gonzalo G.E., S.L.Ledesma y otros, (1998). Proyecto seleccionado en la UNESCO-WREN Competition for energy conscious buildings, World Renewable Energy Network, Florencia, "Bioclimatic design of low income housing in Tucumán, Northern Argentina"

• Gonzalo G.E., E.Ascárate y B.Garzón (1990) "Guión de video: Colectores acumuladores para agua caliente", para microprograma "La Universidad y Usted", Televisión Canal 10 Tucumán y FAU-UNT, 1990.

• Gonzalo G.E., (1985) "Diseño bioclimático y tecnologías energéticas apropiadas", Tucumán, UNSTA.

• Gonzalo G.E. y E.Ascárate, (1989) "Secadero para el P.U.P.C.", Tucumán, FAU-UNT.

• Gonzalo G.E., N.I. Escaño y R.E. Gonzalo (1981) "Sistemas pasivos en Arquitectura Solar", Tucumán, FAU-UNT.

• Gonzalo G.E. y E.Ascárate, (1989) "Colector-Acumulador para e l PUPC", Tucumán, UNT.

• Gonzalo G.E., (1989) "Sistemas energéticos alernativos para la vivienda y el hábitat rural", Rev. Thema Nº3, Tucumán, F.Ibatín, Feb.1989.

• Gonzalo G.E. y M.Alauie, (1989) "Destilador solar para el Proyecto Universitario de Promoción Comunitaria", Tucumán, FAU-UNT.

• Gonzalo G.E., S.L.Ledesma y C.Bonani (1986) "Determinación de Pautas para el Habitat y Viviendas para Comunidades Rurales Autosuficientes en Tucuman", FAU-UNT

• Guardini R., (1963) "El ocaso de la edad moderna", Guadarrama, Madrid.

• IEO, (2008). "International Energy Outlook". Energy Information Administration, USA.

• INENCO-UNSA, (1982) "Aprovechamiento de la energía solar con fines agrícolas", Tucumán, C.F.I.

• Instituto de Energías Renovables, "Memoria de Actividades 1987", España, Ministerio de Industria y Energía, 1988.

• Lucardi M. y C.Seider, (1999) "Report on the activities developed as part of the solar experience in the school of Amaicha del Valle, Tucumán", inédito.

• Meadows D.H., (1993) "The limits to growth", Earthscan Pub.Ltd., London.

• Martinez de Vedia, (1983) "Energía", Buenos Aires, Ed.Alsina.

• Nota V.M., Ledesma S.L., Cisterna S. y G.E.Gonzalo (1999) "Colectores solares para calentamiento de agua", inédito, IAA-FAU-UNT, Tucumán.

• Odum E.P., (1971) "Fundamentals of Ecology", London, Saunders Co.

• Omega Electrónica SA, (1987) Catálogos de sistemas fotovoltaicos, Buenos Aires, OESA.

• Pilet P.E.,(1963) "La energía vegetal", Buenos Aires, Eudeba.

• Sasse L., (1984) "La planta de biogas", Wierbaden, G.A.T.E.

• Steadman P., (1978) "Energía, medio ambiente y edificación", Madrid, Blume.

• Stoner C.H., (1978) "Cómo usar las fuentes de energía natural", México, Diana.

5 LA VIVIENDA VERNÁCULA

CLIMA Y DISEÑO: LA VIVIENDA VERNÁCULA

Todo conocimiento se mueve de la etapa de los fenómenos a la de la sustancia, para arribar al final a la etapa de la esencia. Este mecanismo del conocimiento no es valedero porque su teoría sea cierta, sino porque la naturaleza misma tiene una estructura de ese tipo.
M.TAKETANI

Deben aprender a no aceptar nada que no hayan visto claramente por sí mismos, a no repetir jamás lo que otros hayan dicho. Un ser humano sensible es aquel que está alerta tanto al medio que lo rodea como a cada movimiento de su pensar y de su sentir, aquel que constituye un todo armónico.
J.KRISHNAMURTI

INTRODUCCIÓN

En 1576 Philibert De L'Orme decía: "Sería mucho mejor que el proyectista se equivocase en la ornamentación de las columnas, en las medidas y en las fachadas, que en aquellas reglas fundamentales de la naturaleza que atiendan a la comodidad, al uso y al buen manejo de los habitantes. (Zevi B., 1969)

Wladimiro Acosta decía en su definición personal como proyectista: "Soy arquitecto. Mi campo de trabajo es la planificación de la vivienda y su adecuación a las condiciones ambientales: paisaje y clima. Vivienda, en el sentido que le doy no es meramente habitación, sino todo espacio, recinto habitable, donde el hombre, en forma continua o transitoria, pasa parte de su tiempo, donde trabaja, donde descansa. Vivienda es tanto su dormitorio como su gabinete, su taller, su escuela, su universidad, su comedor, su restaurante, su teatro o su cinematógrafo. (en rigor, como tal, debería también considerarse el vehículo - avión, tren, barco - donde puede pasar horas, días o semanas de su vida). (Acosta W., 1976)

"La arquitectura es, en esencia, el arte de crear espacios altamente habitables, cuyo destino es dar cabida y abrigo a la vida del hombre, beneficiario definitivo de su labor. El reconocimiento de tan obvia y elemental verdad no fue un proceso simple y fácil. Requirió por el contrario años de lucha y esclarecimiento."

Para analizar la relación entre el Medio Ambiente, el Hombre y la Arquitectura, comenzaremos por estudiar sumariamente las respuestas que algunas sociedades tuvieron para determinar las condiciones termofísicas de la envolvente que recubre el espacio en donde habita, condiciones que dependen en principio de los factores climáticos de la zona donde está construido el edificio.

La ASHRAE define el confort térmico como "La condición mental que expresa satisfacción con el entorno térmico". Por lo tanto no vamos a poder definir unas condiciones ideales y universales, aunque si decir que los valores de confort higrotérmico se van a mover dentro de márgenes estrechos por la propia constitución fisiológica del ser humano.

CONTROL AMBIENTAL Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO

La "Ecología General" es aquella que definida como "Ciencia Ambiental" estudia las interacciones entre el hombre y su ambiente en una aproximación sistémica de la naturaleza.

El control ambiental sería entonces la acción reguladora sobre los soportes naturales y culturales que el hombre, como agente creador y protagonista, desarrolla en la biosfera.

La comprensión de los factores climáticos, su incidencia en la envolvente de los edificios y la

relación funcional de estos factores a fin de lograr el máximo confort a los habitantes es lo que se designa como arquitectura bio-climática.

Este término implica una metodología de diseño de edificios que permite obtener ambientes interiores confortables para sus ocupantes, gastando un mínimo de energía y mediante la adopción de disposiciones puramente arquitectónicas.

Si las condiciones climáticas exteriores no presentan una variación extrema es posible proyectar edificios que se mantengan dentro del rango de confort para los ocupantes y de este modo llegar a un consumo nulo de energía suplementaria para climatización.

En otros climas donde se presentan características extremas, o períodos de tiempo con condiciones rigurosas, los equipamientos que se utilicen en una arquitectura bioclimática serán menores y se podrá obtener por lo tanto un sustantivo ahorro energético en los gastos de inversión, funcionamiento y mantenimiento de los equipos de climatización.

El estudio del clima será principio y fundamento para poder aplicar esta metodología. El clima es la sumatoria de los estados atmosféricos (tipos de tiempo), en su sucesión habitual, y su utilización se basa en la integración en el tiempo de los estados físicos del ambiente atmosférico, característicos de cierta localidad geográfica.

El hombre, en el paso gradual de su condición de nómada a formas sociales complejas de convivencia sedentaria, transmitió a sucesivas generaciones y mediante mecanismos de información cada vez más desarrollados, las condicionantes que el medio ambiente le imponía en el lugar en que desarrollaba sus actividades. (Gonzalo G.E., 1986)

Y de este modo fue caracterizando a su hábitat, que desde la simple caverna original en que el control ambiental se realizaba según la cercanía a la salida en que se encontraba el grupo humano conviviente, pasa a la construcción individualizada de cobijos que le permitían aprovechar las condiciones favorables y protegerse de las agresiones del clima.

EL APORTE DE LO VERNÁCULO EN LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La generación de la arquitectura vernácula es resultado de una creación colectiva basada en un proceso de prueba y error y que se transmite de generación en generación, corrigiéndose y adaptándose paulatinamente a las necesidades comunes del grupo y a las condicionantes de su lugar de implantación. (Gonzalo G.E. y R.E.Gonzalo, 1985)

Esto produce en primera instancia un tipo, el cual al ir desarrollándose se va tornando más rígido y definido en todos sus aspectos, conformando así un modelo. A partir de allí la generación de viviendas se circunscribe a la repetición de ese modelo.

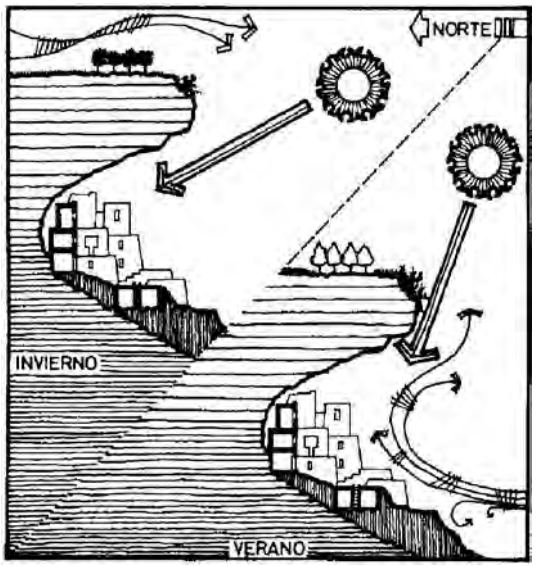


Fig. 5.1 Mesa Verde, Colorado, USA. Conjunto de viviendas ("kiva") ubicado en una concavidad natural que enfrenta al sur, permitiendo la protección de los rayos solares en verano y su aprovechamiento total en el invierno, disminuyendo a su vez las pérdidas y determinando condiciones de confort todo el año.

En este sentido Rafael Iglesias dice: "El proceso creativo para hallar una solución particular a un problema particular desaparece cuando el problema es un problema reiterado y éste se presenta simultáneamente con la solución correspondiente, cuya elaboración se ha realizado a lo largo del tiempo, colectivamente.

Estos modelos no existen como expresiones abstractas, sino que están ejemplificados en las construcciones mismas cuya forma y disposición indican cuales son las normas que la tradición impone". (Iglesias R., 1977)

Esta forma de generación arquitectónica tiene sus ventajas, puesto que frente a la permanencia en el tiempo de los factores que la generaron, el modelo garantiza una adecuación eficiente.

Esto es al mismo tiempo motivo principal del peligro que lleva implícito esta arquitectura y es la causa fundamental de su desaparición en muchos casos o su inadecuada adaptación en otros, puesto que al ser su concreción un proceso irreflexivo no puede adaptarse a cambios bruscos en los factores determinantes del modelo sino que requiere de una inercia temporal extensa hasta conseguir nuevos patrones normativos siguiendo el mismo proceso de prueba y error inicial, para definir el nuevo modelo.

Esto se observa claramente en los resultados que se obtienen de las influencias de fuerzas externas que varían las condiciones de vida de una sociedad.

Tal es el caso de los pueblos de América o África al tomar contacto con las corrientes colonizadoras europeas y la posterior introducción de nuevos materiales o técnicas constructivas que generaron modificaciones sustanciales en el modelo, y que significaron en muchos casos un detrimento de sus condiciones originales; ya que se incorporan variables al modelo de un modo irreflexivo, reemplazando a otras que si cumplían un rol específico.

FACTORES DETERMINANTES Y CONDICIONANTES EN LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

Retomando el análisis del proceso de gestación de la vivienda vernácula, podemos decir que su impronta es consecuencia de la acción conjunta de diversos factores, todos ellos estrechamente relacionados. (Gonzalo G.E., 1984)

Fig.5.2 Conjunto de viviendas palafitadas. Este tipo de vivienda se encuentra en la mayor parte de los terrenos pantanosos y climas cálidos y húmedos del mundo.

Estos factores podemos reunirlos en dos grupos principales:

A.- Factores socioculturales que incluyen el modo de organización social del grupo, la estructura familiar, la religión, cosmovisión, organización económica, actividades productivas, relación con otros grupos con idéntica o distinta conformación, nivel cultural del pueblo, tecnologías manejadas por el grupo, etc.

B.- Factores físicos que incluyen todos aquellos dados por las características naturales del lugar; esto es: clima, características geomorfológicas del sitio, paisaje natural, hidrografía, fauna y vegetación, materiales existentes en el lugar, etc.

Sobre estos aspectos Rappoport establece las siguientes hipótesis: "La forma de la casa no es únicamente el resultado de unas fuerzas físicas o de un solo factor casual, sino la consecuencia de una serie de factores socioculturales considerados en los términos más amplios. La forma es, a su vez, modificada por las condiciones climáticas (el entorno físico que imposibilita algunas cosas y facilita otras) y por los métodos de construcción, los materiales disponibles y la tecnología (los instrumentos para lograr el ambiente deseado).

A las fuerzas socioculturales las llamaré primarias y a las demás secundarias o modificantes". (Rappoport A., 1972)

Fig.5.3 Conformación urbana compacta como respuesta climática de protección a climas muy cálidos o fríos y con vientos violentos.

Si bien esta hipótesis es fácilmente verificable en muchos casos, no es tan sencillo dividir la influencia de unos factores respecto a la de los otros y menos aún establecer una regla general sobre cuales son más importantes y cuales menos.

Todos los factores antes mencionados conforman un todo estrechamente relacionado, que definen en sí el caso particular de cada pueblo y todos ellos intervienen en el proceso de conformación de la vivienda. Es muy difícil, si no imposible, determinar hasta que punto es uno de estos factores el que origina una respuesta de diseño específica y hasta que punto intervienen los otros.

Las características socioculturales de un pueblo, en sí mismas, están en gran medida conformadas por las características físicas de su asentamiento e igualmente ellas mismas están condicionándose mutuamente en su definición.

Si consideramos, por tomar un ejemplo cualquiera, los hábitos de vestimenta de un pueblo, se puede ver en ello la acción interelacionada de distintos factores e incluso se podrían deducir algunos de estos factores como por ejemplo: qué tipo de clima impera en su lugar de origen o incluso cuales son las pautas morales, religiosas o sociales del grupo.

La imagen de una mujer iraní con amplias túnicas y el rostro velado confrontada con la de una mujer hawaiana semidesnuda, es un ejemplo por demás claro de lo anteriormente expuesto.

Fig. 5.4 Conformación urbana con calles sombreadas.

Esta compleja interrelación de factores se refleja fielmente en la forma de la vivienda y el mayor o menor peso de cada uno de ellos lleva a una mayor o menor presencia en su conformación.

Fig. 5.5 Viviendas excavadas en la tierra (Matmatá, sur de Túnez, borde del Sahara).

Es desde este punto de vista que podemos definir a los factores como determinantes o condicionantes, incluyendo en los primeros a aquellos, ya sean físicos o socioculturales, que por su importancia definen en gran medida la forma de la vivienda y en los segundos a los que siendo menos importantes, solamente limitan o condicionan la forma definida.

Aquellos establecen qué y cómo debe ser mientras que éstos establecen sólo lo que puede ser. La jerarquía de los mismos y su inclusión en uno u otro grupo será variable de caso en caso por lo que es imposible encarar el estudio de la vivienda vernácula desde un enfoque determinado con prescindencia de la consideración de la influencia de los restantes factores.

Entonces, al hablar de la importancia de los factores debe entenderse no la importancia absoluta que tienen en sí mismos, sino su importancia en relación con los restantes.

Así podemos llegar a encontrar casos de viviendas en climas rigurosos en que la importancia de esto último es innegable, con

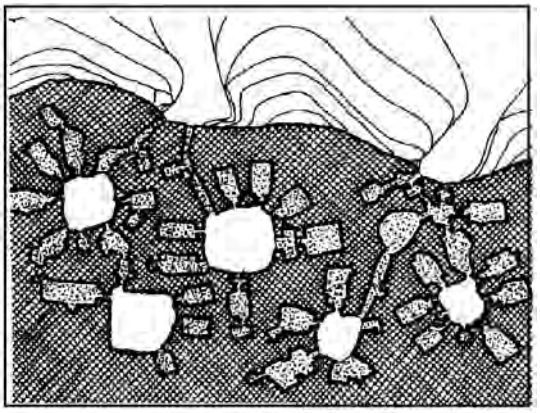


Fig. 5.6 Planta de vivienda Matmatá.

resoluciones que desde el punto de vista bioclimático son absolutamente ineficientes y que se deben a que responden a otros factores (culturales, religiosos, etc.) que en relación con el climático son más importantes y por ende son ellos los determinantes de la forma.

Fig. 5.7 Calle sombreada por parrales.

Un caso ejemplificador de ello es el de los Champs, mencionado por Rapoport, que por considerar la sombra de los árboles de mala suerte y ser este hecho para ellos de un fuerte sentido religioso, dejan casas y calles expuestas a la intensa radiación pero no plantan árboles.

El anterior razonamiento permite entender el porqué los factores climáticos son tan importantes en la definición de las viviendas en lugares con climas rigurosos y en cambio tengan poca importancia en los climas templados, en que las respuestas están más relacionadas con otros factores.

La existencia de un contexto climático riguroso no solo motivará una importante influencia en la vivienda, sino que también influirá en la caracterización de los restantes factores socio-culturales, los cuales en su desarrollo deberán necesariamente condicionarse al entorno que los rodea y de este modo el factor climático ejercerá una influencia indirecta en la conformación del hábitat a través de ellos.

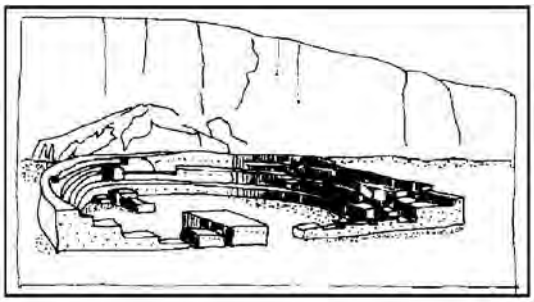


Fig. 5.8 Pueblo Bonito (Chaco Canyon, USA). Ejemplo de un planteo urbano helioenergético.

Así, muchos comportamientos sociales o culturales que se reflejan en la construcción de las viviendas de ciertos pueblos, están fundados en fenómenos climáticos que los fueron conformando. Lo mismo se puede observar en prácticas o creencias, en su estructura económica-productiva, etc.

Con esto no se pretende encumbrar al factor climático como el principal y generador de todos los otros, sino sólo reforzar la idea antes mencionada de la compleja interrelación que enlaza todos los factores. Lo que sí podemos establecer con claridad es que las situaciones climáticas, a medida que se tornan más extremas son más fácilmente identificables como factor determinante y a medida que se encuentran más benignas ejercen una influencia menor y en algunos casos prácticamente nula.

Mediante algunos ejemplos indicaremos las adaptaciones bioclimáticas de arquitecturas vernáculas, seleccionadas para algunos climas característicos, a fin de demostración de comportamientos en climas extremos. Se debe aclarar que no se pretende sugerir que estas soluciones sean de inmediata traslación a la arquitectura actual, ni tampoco hacer una apología de las mismas.

Debemos considerar como frente a factores climáticos extremos y con una limitación grande de recursos, el hombre dio una respuesta constructiva que consideramos

correcta, pero no olvidemos que muchas de las soluciones aportadas por la arquitectura vernácula serían inaplicables actualmente ya que se han modificado muchos juicios de valor sobre el concepto de vivienda y condiciones estándar que la misma debe cumplir.

EJEMPLOS DE ARQUITECTURA VERNÁCULA: IGLÚ ESQUIMAL (ZONA ÁRTICA)

En un clima caracterizado por temperaturas medias inferiores a los 30 ºC bajo cero y la presencia continua de fuertes vientos, encontramos un ejemplo de vivienda que integra armónicamente la forma, la materia y la energía.

Este es el caso del Iglú Esquimal, el cual por medio de los muy escasos recursos disponibles en el emplazamiento, permite el confort interno de los ocupantes. Esta construcción que se extiende por el norte del Canadá y sur de Groenlandia y cuyas características más destacables con respecto a la adaptación frente al clima son:

A.- Utilización de materiales del lugar: para la construcción de la bóveda se utilizan bloques de hielo apilado y luego, incrementando adecuadamente la temperatura interior se ejecutan automáticamente las juntas por el hielo fundido de los bloques que al volver a congelarse completan una superficie sin infiltraciones. En el exterior esto se realiza arrojando agua que luego se congela. El interior se completa con cueros de animales colgados de sus extremos, conformando un cielorraso con cámara de aire.

B.- Para protección de los rigores del frío se tapiza interiormente la bóveda con cueros colgados, generando cámaras de aire que aíslan el habitáculo del exterior, manteniéndose dentro del mismo una temperatura promedio de 17 ºC por medio de lámparas que funcionan con aceite animal y que son controladas permanentemente por las mujeres a fin de que la temperatura interior no se eleve demasiado y pueda llegar a fundir el hielo.

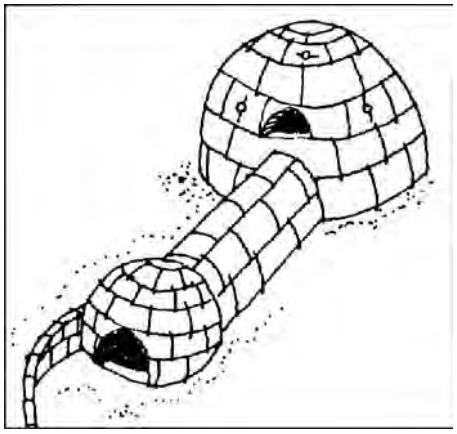


Fig. 5.9 Perspectiva iglú esquimal.

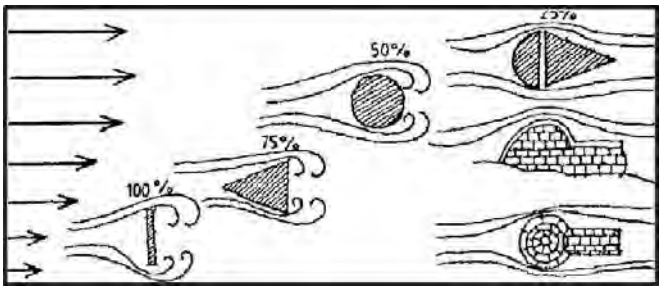


Fig. 5.11 Comportamiento de distintas formas frente a la acción del viento.

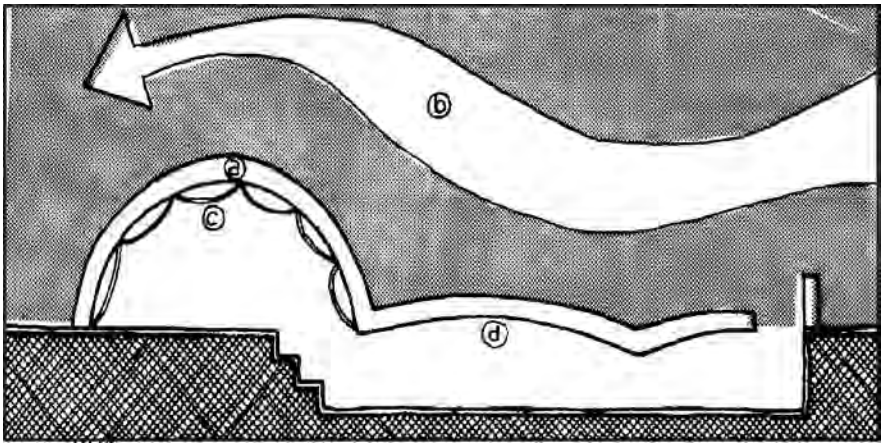


Fig. 5.10 Corte esquemático del iglú esquimal:
a) estructura de hielo. b) deflexión por forma de los fuertes vientos. c) pieles que generan una cámara de aire. d) túnel con compartimientos para guardar a los perros y generar una cámara tapón de aire desde la entrada.

C.- El acceso se resuelve mediante un largo túnel (12 m) que al ser abovedado constituye un espacio tapón, no permitiendo la entrada del aire frío exterior y posibilitando la aclimatación de la persona que ingresa, además de servir de refugio para los perros que son los animales de tiro de los esquimales.

Como ya se dijo, el material con que cuentan es el hielo. El comportamiento de la pared construida con estos bloques de hielo es interesante de analizar para ver como resiste el calor interior sin derretirse.

La temperatura exterior, de 20ºC bajo cero o menos, asciende lentamente al atravesar la pared, debido a la resistencia que opone el hielo, debiendo ser en la superficie interna inferior a 0 ºC para evitar la licuefacción del material del paramento.

A su vez la temperatura interior del Iglú que se mantiene en el orden de los 17ºC, disminuye algo en la superficie de la piel que recubre interiormente el Iglú y finalmente en la cámara de aire formada entre las pieles y el hielo, afectada por las corrientes convectivas de aire, hasta alcanzar menos de 0 ºC en la superficie helada.

Sobre la pared se condensan todas las moléculas de vapor de agua, sellando todos los poros, formando una barrera de vapor y actuando como una lámina reflejante que devuelve al interior la irradiación de calor de baja temperatura (rayos infrarrojos)

El caso del Iglú Esquimal puede considerarse único en cuanto a la excelencia del aprovechamiento amalgamado de recursos, técnicas y diseño en un medio extremadamente hostil. En algunas zonas particulares hay resoluciones para condiciones también extremas. Por ejemplo, la forma constructiva de cúpula está muy difundida en zonas que soportan fuertes vientos, tal es el caso del Yurt Mogol o las viviendas con cúpulas Iraníes.

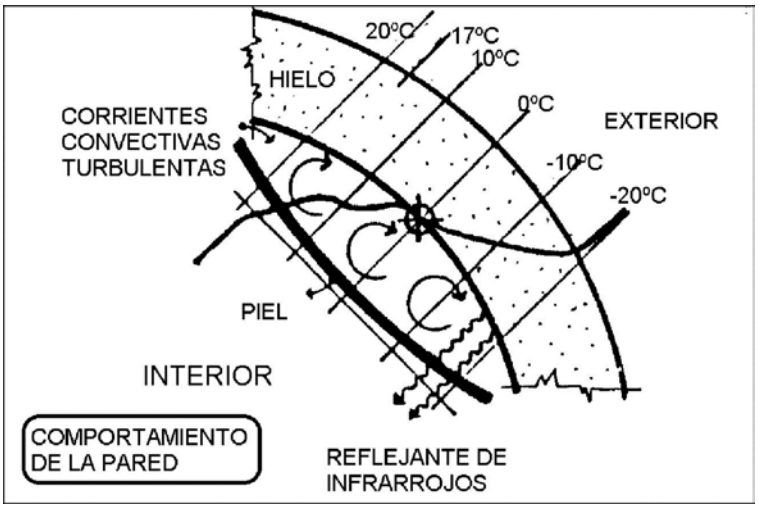


Fig. 5.12 Corte de la pared de hielo, con esquema de temperaturas en los distintos planos.

VIVIENDA EN LOS VALLES CALCHAQUÍES

La característica principal del clima de implantación de estas viviendas es que se registra en esta zona una gran amplitud diaria de temperaturas, con fríos intensos durante la noche y días un poco más templados por la considerable radiación solar. (Gonzalo R.E. y G.E.Gonzalo, 1989)

La atmósfera es límpida y por lo tanto la heliofanía es elevada al igual que la radiación solar incidente, motivo principal de la alta alternancia térmica. Son frecuentes las heladas e incluso en verano las temperaturas nocturnas pueden bajar hasta casi 0 ºC.

La zona es seca siendo las precipitaciones escasas. Los vientos son fuertes debido a que soplan encajonados por los valles y también son frecuentes las brisas frescas que descienden por las laderas de las montañas. La escasez de agua y las fuertes radiaciones solares, son los factores climáticos más importantes en la construcción de las viviendas.

La característica galería profunda, elemento relevante de este tipo de resolución y de intenso uso colectivo, tiene la finalidad de servir de transición entre el espacio exterior e interior,

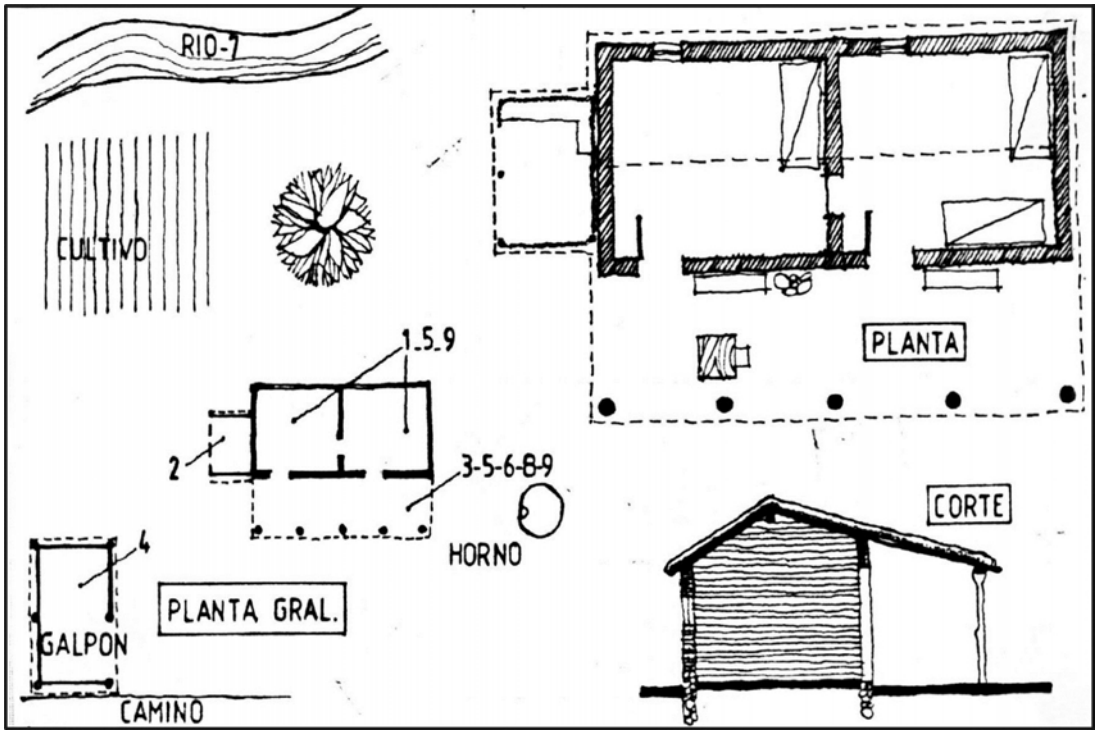


Fig. 5.13 Vivienda tipo de los Valles Calchaquíes: (1) dormir - (2) cocinar (3) comer - (4) guardar (trabajo) - (5) guardar (doméstico) - (6) estar - (7) lavar - (8) higiene - (9) tareas del hogar.

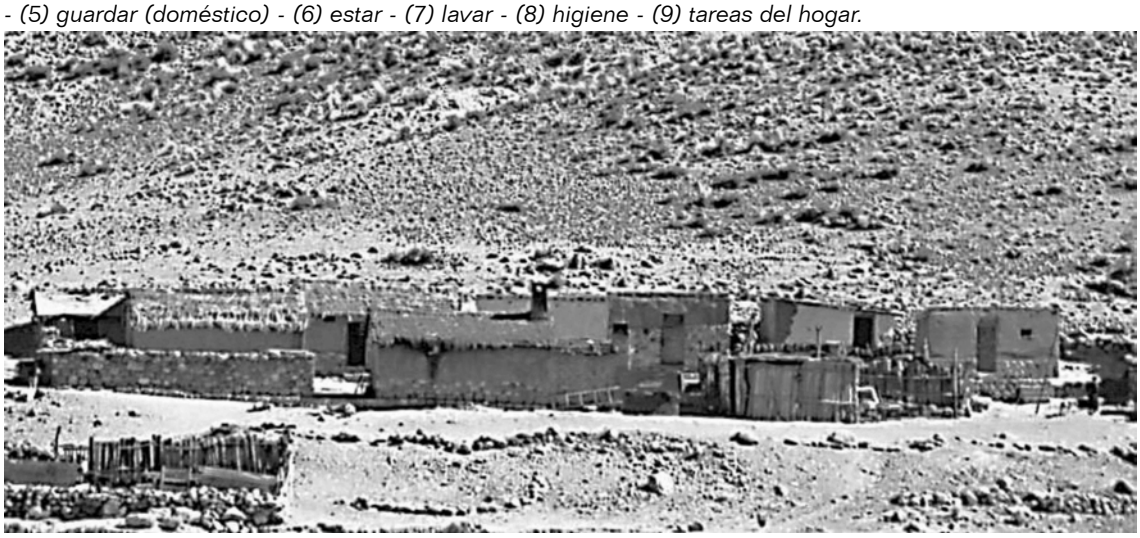


Fig. 5.14 Vista de dos grupos de viviendas en los Valles Calchaquíes. (Fotos gentileza Arq. Mirta E. Sosa)

responde a las necesidades de protección de la luz y el calor y protege a las habitaciones vecinas de la radiación solar directa.

Las aberturas al exterior son mínimas, hecho este motivado por la intensa luz solar. La altura de los techos no es menor de 3.00 m para evitar el calor de irradiación del techo, el cual se sobrecalienta durante el día.

Los anchos muros de adobe y piedra, al igual que la espesa torta de barro que cubre el techo, ofrecen una mayor inercia térmica y permiten almacenar el calor durante el día (proveniente de la radiación solar intensa) y transmitirlo al interior en horas de la noche, para paliar así el brusco descenso de la temperatura que se produce en estas horas y mantener los locales más confortables.

Este tipo de solución está muy difundida a lo largo de América, Medio Oriente y África, en donde la utilización de gruesos muros de tierra encuentra múltiples ejemplos. Las viviendas de los indios Pueblos en New México, si bien haciendo gala de una más avanzada tecnología, poseen un esquema constructivo semejante.

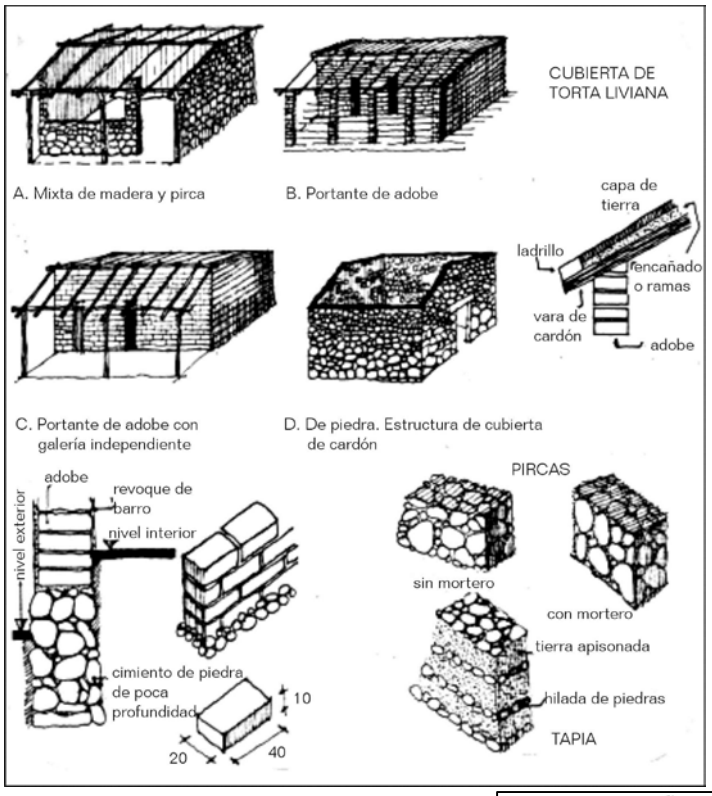


Fig.5.15 Diversas características constructivas de viviendas en los Valles Calchaquíes.

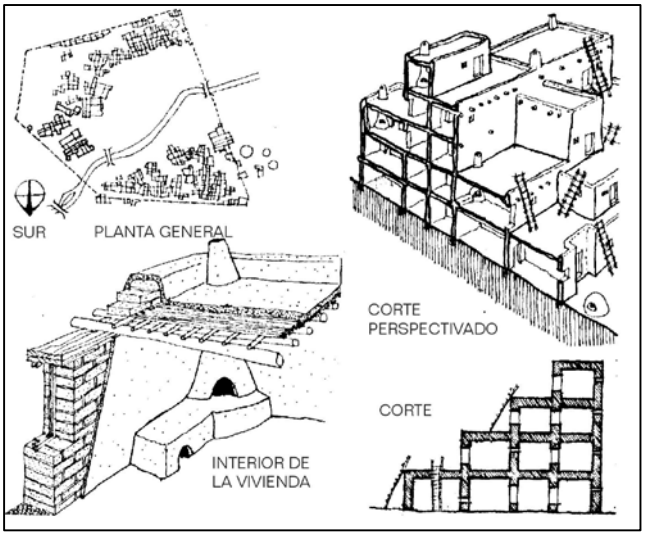


Fig. 5.16 Detalles constructivos de viviendas de los Indios Pueblos.

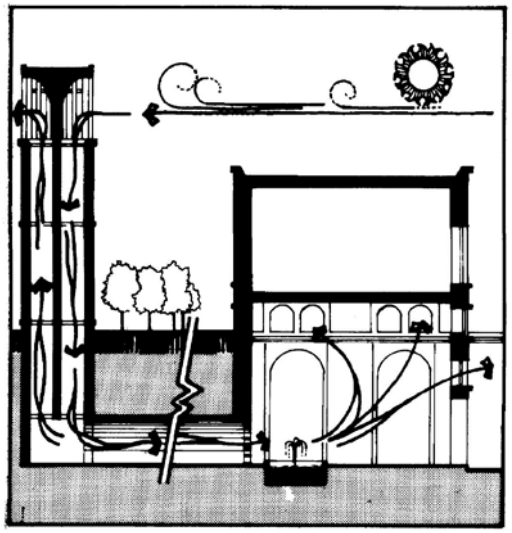


Fig. 5.17 Ejemplo de vivienda en clima cálido seco, con aprovechamiento de las corrientes de aire y fuentes de agua, para enfriamiento evaporativo.

En zonas desérticas de Irán y también en algunas villas del Alto Volta y en la región de Ghana, en África, se encuentran viviendas de este tipo, que se realizan utilizando el único material disponible (adobe) en gruesos muros que enfrentan así las elevadas alternancias térmicas del clima y la fuerte radiación solar diurna.

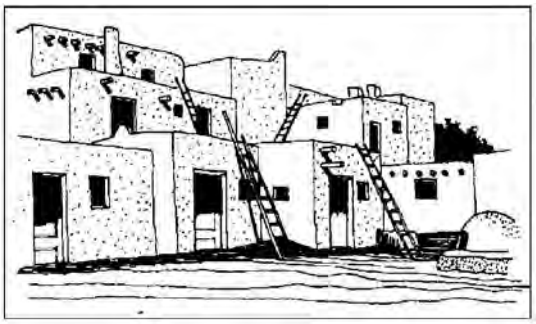


Fig. 5.18 Perspectiva de la reconstrucción de conjunto de viviendas de Indios Pueblos.

VIVIENDAS EN CLIMAS CÁLIDO-HÚMEDO

Este clima está caracterizado por una baja alternancia térmica, diferencia de las temperaturas entre el día y la noche inferiores a 10ºC, fuerte radiación, humedad constantemente alta, temperaturas relativamente moderadas con pocas variaciones estacionales y fuertes lluvias. (Gonzalo R.E. y G.E.Gonzalo, 1990)

Para estas condiciones la vivienda deberá proveer un máximo de sombra frente a la fuerte radiación solar, sus paredes y techos tienen que ser livianos con muy baja inercia térmica, disponer de una muy buena ventilación y controlar las fuertes lluvias.

Un caso extremo para este clima lo encontramos en la vivienda mínima de indígenas en Colombia (Gonzalo G.E., 1973), donde todo está pensado en función de sombra y ventilación. Así tenemos la cubierta de enredaderas, la hamaca tejida que permite el paso del aire y la separación del suelo que posibilita la ventilación total y protección contra la humedad de contacto e ingreso de insectos.

Un ejemplo más desarrollado lo encontramos en las viviendas de los indios Choco del sur de Panamá. En la misma la falta de paredes en la vivienda es para no obstaculizar las corrientes de aire. También a ello se debe la carencia de mobiliario y el uso de hamacas para dormir, ya que permiten con un movimiento de vaivén reforzar la ventilación de los cuerpos agobiados por el clima.

Esta característica, más las del techo, que es un inmenso parasol y paraguas puesto que protege de la intensa radiación y es impermeable a las fortísimas lluvias tropicales, generan la situación de confort que coloca a estas viviendas en un nivel adecuado de confort conseguido con los recursos del medio.

Los grupos de viviendas se asientan en los claros sin una disposición determinada pero cuidando de no acercarse demasiado entre sí para permitir la libre circulación del aire entre ellas y por debajo de ellas, gracias a la elevación de las viviendas con respecto al suelo.

La impermeabilidad del techo no se trata de una resolución constructiva especial sino de una gran cantidad de palmas cuyo espesor y pendiente evita el paso del agua y del calor por ser el vegetal un mal conductor de éste y, además, albergar aire en su interior siendo permeable al mismo.

Tampoco el piso tiene una resolución especial, es simplemente la sumatoria de sus elementos formando la superficie con las juntas abiertas, lo que permite la filtración del aire.

La estructura posee la simpleza de la necesidad de soportar una vivienda sumamente liviana a pesar de sus dimensiones y el mantenimiento de la misma se basa en renovar periódicamente alguno de sus elementos más deteriorados.

Ejemplos similares podemos encontrarlos en las viviendas palafitadas del asentamiento Indígena Guajiro de Sunamaica (Venezuela) alrededor del lago Maracaibo o en la vivienda Isleña de Santa Fe (Argentina)

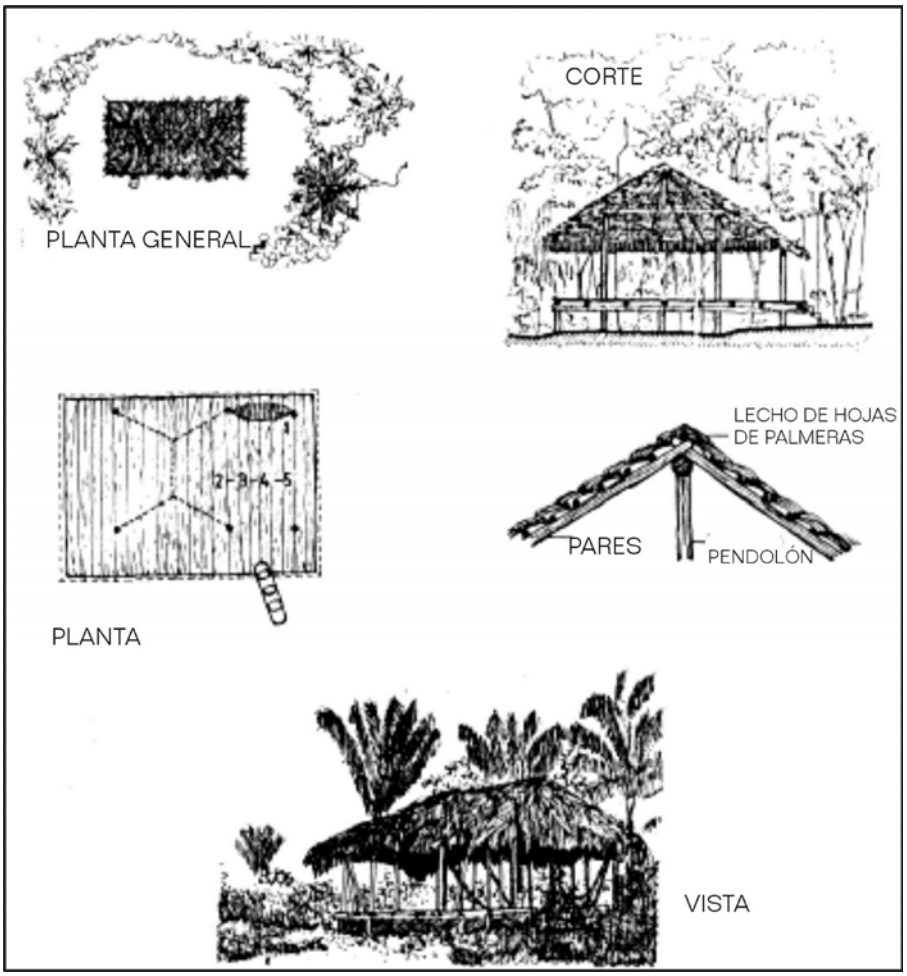


Fig. 5.19 Viviendas de los indios Choco en Panamá:
(1) dormir - (2) comer - (3) guardar - (4) estar - (5) tareas hogar.

Fig. 5.20 Vista exterior de la vivienda Choco.

Fig. 5.21 Interior de la vivienda Choco.

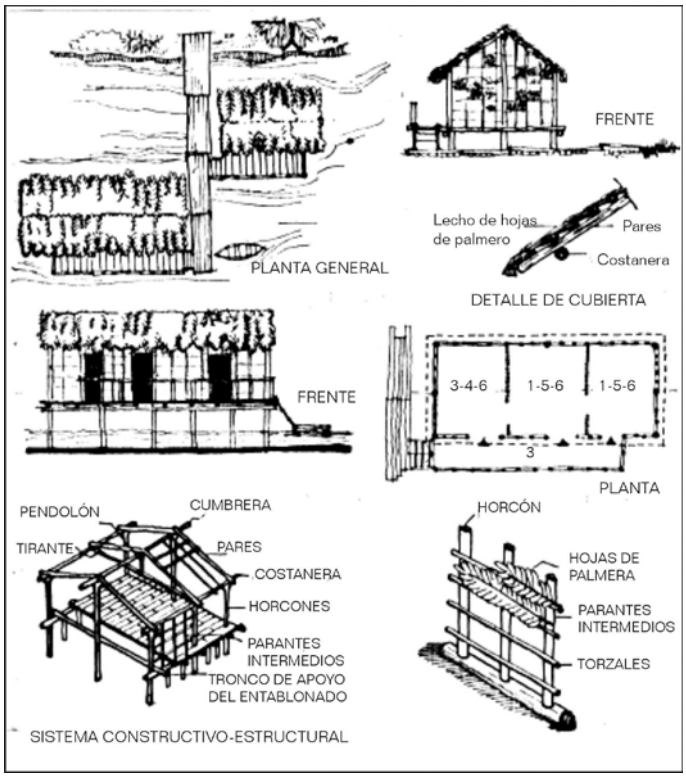


Fig. 5.22 Vivienda Guajira: (1) dormir - (2) cocinar - (3) estar - (4) comer - (5) guardar - (6) tareas del hogar.

Como solución más depurada tenemos la arquitectura vernácula en Malaya donde utilizando los materiales del lugar, se obtiene una vivienda que responde a las características de su emplazamiento. La estructura de estas casas es de bambú ligado por cabestrillos del mismo material. Las paredes están realizadas con paneles prefabricados de varas de bambú entretejidas formando una trama que permite un interior umbroso sin dificultar la continua ventilación intersticial.
El piso levantado del suelo húmedo y formado por medias cañas de bambú permite también la circulación del aire. El techo de hojas de palmera entretejidas y de fuerte pendiente permite el escurrimiento del agua de lluvia pero también la permeabilidad del aire.

Los triángulos superiores son huecos y generan una eficiente corriente por efecto chimenea y la galería que se ubica en varios frentes y rodea la vivienda, protege de la radiación directa y permite una expansión en época de lluvias.

REFERENCIAS

• Acosta W. (1976) "Vivienda y clima", Ed. Nueva Visión, Buenos Aires.

• Gonzalo G.E. (1986) "Factores Bioclimáticos", FAU, Tucumán.

• Gonzalo G.E. y R.E.Gonzalo, (1985) "Alternativas de diseño bioclimático", Cat.G.P. Arquitectura Solar, FAU, Tucumán.

• Gonzalo G.E. (1984) "Elementos climáticos", FAU, Tucumán.

• Gonzalo R.E. y G.E.Gonzalo, (1989) “The bioclimatic design in the traditional architecture of North Argentine, determining and conditioning factors”, Pergamon Press, Oxford.

• Gonzalo R.E. y G.E.Gonzalo, (1990) “A Bioclimatic House in Hot Humid Climate”, Pergamon Press, Oxford.

• Gonzalo G.E. (1973) "Energías alternativas, energía solar", Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires.

• Iglesias R. (1977) "Arquitectura no reflexiva", Espacios Editora, Buenos Aires.

• Rappoport A.,(1972) "Vivienda y Cultura", Ed. G.Gili, Barcelona.

• Zevi B., (1969) “Architectura in nuce”, Aguilar, España.

6 FACTORES Y ELEMENTOS CLIMÁTICOS

CLIMA Y DISEÑO: FACTORES Y ELEMENTOS CLIMÁTICOS

El que da cimas a obras grandes, las realiza a menudo con débiles instrumentos.
W.SHAKESPEARE

La calidad y el nivel de la vida humana dependen de la relación del hombre con la naturaleza: de hasta donde comprende la naturaleza y puede utilizar sus fuerzas en su beneficio. En las épocas primitivas esa relación dependía de la experiencia individual. En nuestra época está representada por la ciencia, que, debido a su sofisticación y complejidad, ya no es propiedad común del pueblo, sino propiedad de los especialistas científicos.
A.SZENT-GYORGY

CLIMA Y ARQUITECTURA

Los albergues que analizamos en el capítulo anterior, denominados "arquitectura vernácula", "arquitectura espontánea", o "arquitectura sin arquitectos", son tipos de viviendas que van quedando fijadas como contenidos permanentes de la memoria del grupo cultural que las va creando, como organismos elementales relacionados causalmente con las tensiones de necesidad de protección y amparo y como continentes extensivos de las actividades humanas básicas.

Es así que a lo largo de los años y para cada zona en particular, se va ajustando el diálogo permanente que el hombre históricamente mantiene con las condiciones naturales y climáticas, y no es de extrañar que las primeras grandes civilizaciones surjan justamente debido a la necesidad de cooperación de cantidades importantes de seres humanos para protegerse o regular los factores climáticos adversos.

En nuestros días el hombre ha tendido a separarse cada vez más de ese diálogo con la naturaleza y ha pretendido llegar a enfrentarse totalmente a los factores climáticos, confiando en los avances tecnológicos y energéticos que la especie fue descubriendo.
Este desarrollo se ve claramente expresado en los cambios que experimenta el hábitat en un clima determinado, donde de un proceso gradual de adaptación pasa a una configuración que tiende a buscar soluciones funcionales, formales y significativas; dejando luego a los técnicos el ajuste a las condiciones climáticas con un costo energético normalmente muy elevado.

Entendemos entonces que esta relación clima - hábitat - hombre debe plantearse como una acción integral y globalizadora del proceso de diseño y que no deben contemplarse las soluciones bioclimáticas como una especialización temática adosada a posteriori, a las propuestas de diseño que no se corresponden con su hábitat.

El clima debe entenderse como un material más, constitutivo y condicionante de la obra arquitectónica, que como organismo vivo y no como un objeto estático debe poder regular y modificar su relación con el tiempo natural y social, permitiendo el mayor confort y seguridad a los ocupantes del hábitat construido.

El rol del proyectista será entonces más cercano al del jardinero que ayuda en el proceso de crecimiento de una planta, fijando variables básicas para su mejor desarrollo y pautando el funcionamiento adecuado de ese organismo; y alejado del actual escultor o pintor que crea objetos estáticos, tridimensionales o superficiales, invariables y muchas veces muertos antes de ser construidos.

FACTORES CLIMÁTICOS

A fin de poder dialogar eficientemente a través de nuestra obra de arquitectura con los elementos climáticos del lugar de su emplazamiento, estudiaremos los factores que determinan el clima de una región.

Hemos de distinguir el término clima del término tiempo, entendiéndose a éste como el resultado de las condiciones de la atmósfera en un lugar y un momento determinado (siendo una variable), mientras que el clima es el resultado integral de las variaciones del tiempo, para una región determinada y a lo largo de muchos años.

Además de conocer los datos climáticos, muchas veces será necesario utilizar para el diseño aquellas variaciones del tiempo que sólo ocurren raras veces pero cuyas consecuencias pueden ser de vital importancia. Este es el caso, para tomar un ejemplo, de lluvias o vientos excepcionales.

Para determinar los valores climáticos se toman períodos de tiempo superiores a 10 años y se habla del "ciclo de Brucker", famoso climatólogo vienés que estudiando registros meteorológicos europeos encontró que se producían ciclos de temperatura y lluvias que demandaban 35 y 36 años, estimándose este último valor como adecuado para definir el clima.

Los fenómenos climáticos se producen en la atmósfera a la cual podemos comparar con un enorme océano en cuyo fondo vivimos y que está en constante fluir impulsando fundamentalmente por la energía solar.

El sol es la principal fuente energética para todos los procesos climáticos que se suceden en la superficie de la tierra, así como el sostenedor de la vida en la forma en que la conocemos.

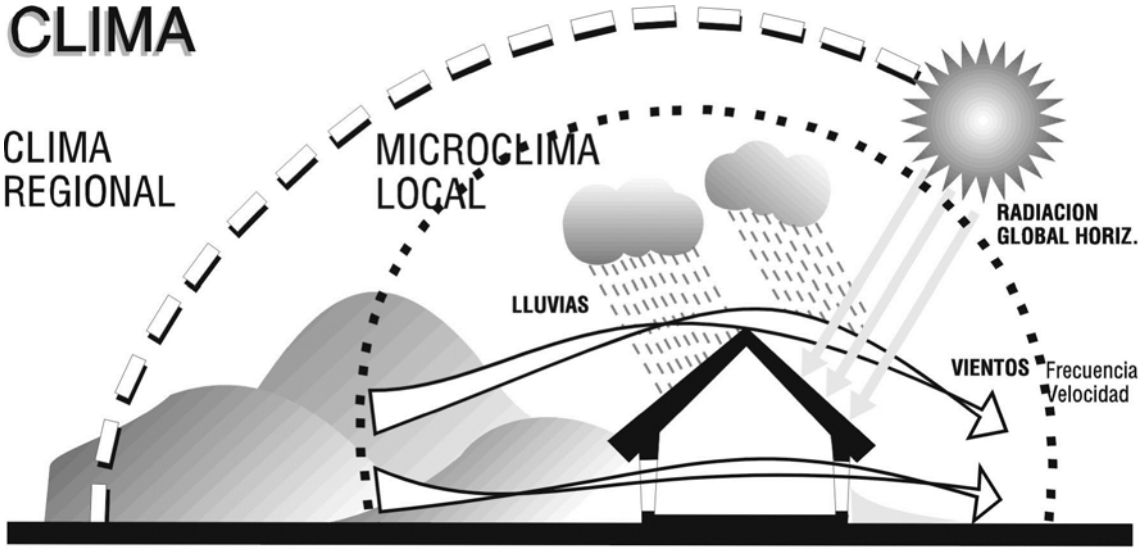


Fig.6.1 Principales elementos climáticos que influyen en el diseño arquitectónico.

En el estudio del clima se distinguen los siguientes factores:

FACTORES LOCALES

1.- latitud.

2.- altitud.

3.- superficies de agua.

4.- naturaleza del suelo.

5.- vegetación.

FACTORES PLANETARIOS

6.- circulación oceánica.

7.- circulación atmosférica.

8.- inversión atmosférica.

Se denominan factores generales del clima a aquellos que configuran el carácter climático de un lugar o microclima, modificando la radiación, temperatura, humedad, etc. Estos factores climáticos se clasifican en: locales y planetarios. Los primeros son propios de la ubicación del lugar o región en el planeta, y los segundos tienen un carácter integral referido a todo el planeta y actúan por vía indirecta en diversas regiones.

Los factores climáticos actúan en forma conjunta en la configuración del microclima de un lugar y aunque se los trate luego separadamente debemos entenderlos en su interacción.

Por ejemplo las localidades de San Javier y San Miguel de Tucumán, si bien están en la misma latitud, la influencia de la altura sobre el nivel del mar determina dos tipos de clima distintos.

FACTORES LOCALES

1.- Latitud: es el más característico de los factores climáticos. Tomando como punto de partida el Ecuador, la temperatura del aire va disminuyendo paulatinamente hacia los polos, por lo que para una latitud dada queda condicionado el tipo de clima.

Esta variación en la temperatura del aire se debe a la cantidad de radiación solar incidente sobre la superficie. A este efecto se suma la duración del día (horas de sol) que varía según la latitud y día del año.

2.- Altitud: la altitud referida al nivel del mar es un factor que influye directamente sobre la temperatura. A medida que ascendemos, la temperatura disminuye aproximadamente 1 ºC cada 200 metros.

Este fenómeno se debe al cambio que experimenta el aire, el cual a mayor altura posee menor cantidad de partículas sólidas y pequeñas gotas de agua en suspensión, que son las encargadas de absorber y difundir la radiación solar aumentando la temperatura del aire. También el menor espesor de la atmósfera y su mayor transparencia aumentan el calor por radiación, disminuyendo la radiación difusa y permitiendo una mayor luminosidad.

3.- Superficie de agua: actúan sobre el clima por la característica de poseer una mayor inercia térmica en comparación con las masas de aire, templando el aire muy caliente o muy frío. La menor alternancia térmica debida a este factor, se verifica tanto para el período diurno como para los estacionales.

Otra acción importante de las superficies de agua es el aumento de la humedad ambiente por evaporación y la consiguiente opacidad del aire. En casos de climas tropicales, por ejemplo, la evaporación acentuada disminuye la acción de la radiación solar directa, por lo que la proximidad del agua humedece y refresca el aire.

Es importante aclarar que la influencia de los espejos de agua sobre el clima, no significa "proximidad" y su importancia está ligada al relieve de la región. Una cadena montañosa, por ejemplo, puede eliminar totalmente la acción del mar sobre un determinado lugar, mientras que zonas muy alejadas, en regiones de llanuras, pueden sentir marcadamente las acciones mencionadas.

4.- Naturaleza del suelo: las características del suelo, en cuanto a materiales constitutivos, color, etc., influyen en el microclima regional o local. La acumulación de calor durante el día en casos de desiertos y zonas rocosas o la intensa evaporación en regiones de hielo o nieves, determinan climas muy particulares.

5.- Vegetación: la presencia de bosques y praderas modifican las características climáticas esperadas, debido al aumento de la humedad ambiente por evaporación y protección de la radiación solar directa. La presencia de masas vegetales obra en forma similar al caso de las masas de agua, aumentando la humedad del aire por evapotranspiración.

FACTORES PLANETARIOS

1.- Circulación oceánica: las corrientes marinas más o menos cálidas o frías, tienen marcada influencia en la temperatura del aire, no solamente sobre el litoral marítimo sino que también su acción se extiende a zonas continentales.

2.- Circulación atmosférica: son corrientes eólicas generadas en la atmósfera, semejantes a las corrientes marinas, no ya a escala de pequeños vientos locales sino como grandes movimientos de masas de aire. A este fenómeno responde el desplazamiento de aire frío de los polos hacia el Ecuador (ciclón-anticiclón) por diferencia de presión. En la zona polar el aire frío se densifica aumentando su peso específico y desplazándose hacia zonas de menor presión donde al calentarse disminuye nuevamente su densidad, siendo empujado hacia los polos por nuevas corrientes de aire frío.

3.- Inversión atmosférica: expresa el comportamiento contrario a la disminución de la temperatura del aire a medida que ascendemos y llegando a una determinada altura (normalmente la troposfera) la temperatura en vez de disminuir comienza a ascender originando un estancamiento del aire frío en las capas inferiores de la atmósfera que agravan algunas situaciones de contaminación.

Por ejemplo, el humo de las chimeneas industriales asciende por que su temperatura es mayor que la del aire circundante, pero cuando encuentra la capa de inversión no puede seguir ascendiendo y todos los contaminantes presentes en el humo se

estancan produciendo una disminución de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra y, cuando esta inversión se presenta en alturas bajas, un sustancial incremento de la concentración de contaminantes que pueden originar riesgos muy serios para la salud.

Estos factores serán afectados y afectarán el hábitat en el que el hombre buscará protegerse en busca de un adecuado confort para el desarrollo de sus actividades. El proyectista deberá considerar las influencias espacio-temporales del clima y del medio construido a fin de que su relación sea armoniosa tendiendo a la mejor utilización de los recursos energéticos. Este hábitat estará interactuando con su entorno por los procesos básicos termodinámicos y mediante las relaciones de fluidos que ingresan y egresan del mismo.

Mientras que los primeros deben ser considerados como elementos básicos que pautarán un proyecto mediante compromisos entre los diversos factores climáticos actuantes, los otros podrán derivar en modelos de usos del hábitat, en donde el usuario se convierte en un factor primordial de regulación bioclimática mediante la adecuación de elementos componentes de la envolvente.

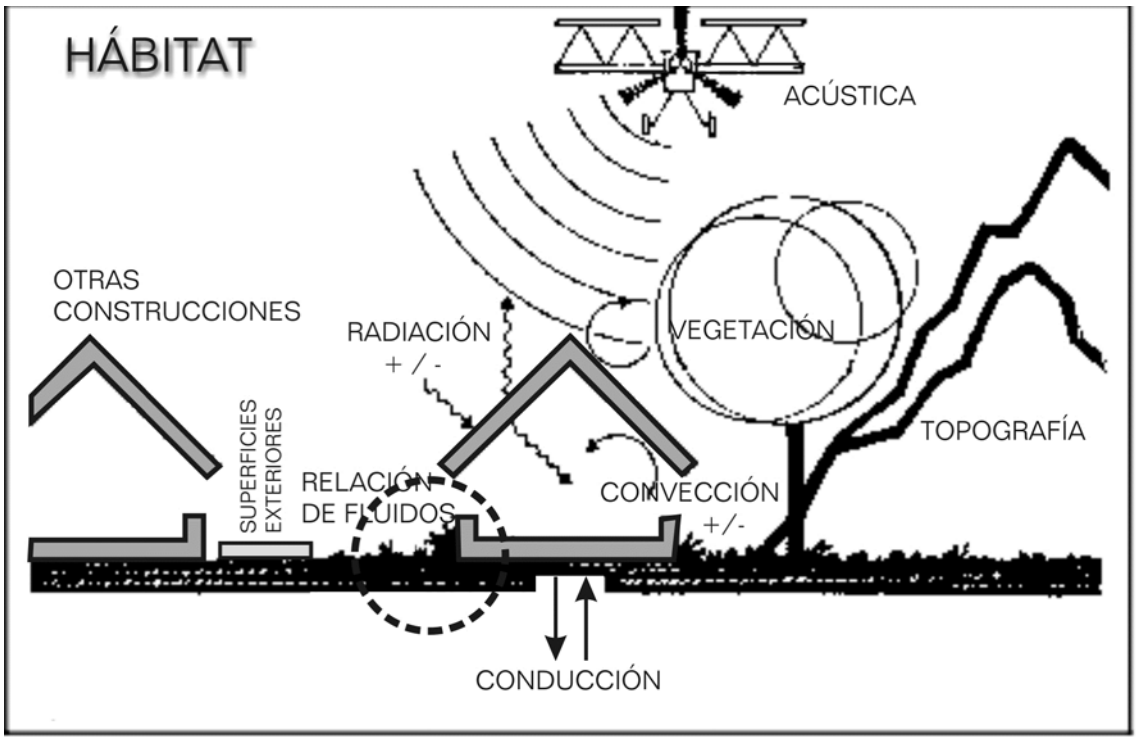


Fig. 6.2 Condicionantes del hábitat.

FACTORES FÍSICOS Y PSICOLÓGICOS HUMANOS

Por último y como condicionante de todo lo anterior, el hombre deberá dar el marco de referencia para estas variables de diseño del hábitat y deberán ser estudiados y pautados los factores físicos u objetivos de acuerdo a la situación particular de uso del espacio, así como los factores psicológicos o subjetivos que estarán determinados por las distintas modalidades culturales, modos de vida, edad y sexo, alimentación y salud, forma del cuerpo, etc.

La labor del proyectista será entonces una acción compleja de diseño no sólo de la envolvente construida, sino de las formas de utilización del espacio y los comportamientos frente a las variables climáticas que, de modo similar con lo especificado por los diseñadores de automóviles, deberá concluir en manuales de uso y mantenimiento en el tiempo del hábitat, a fin de que el usuario obtenga el mayor confort posible y a su vez pueda desarrollar su inventiva e integrarse de modo racional con su medio ambiente.

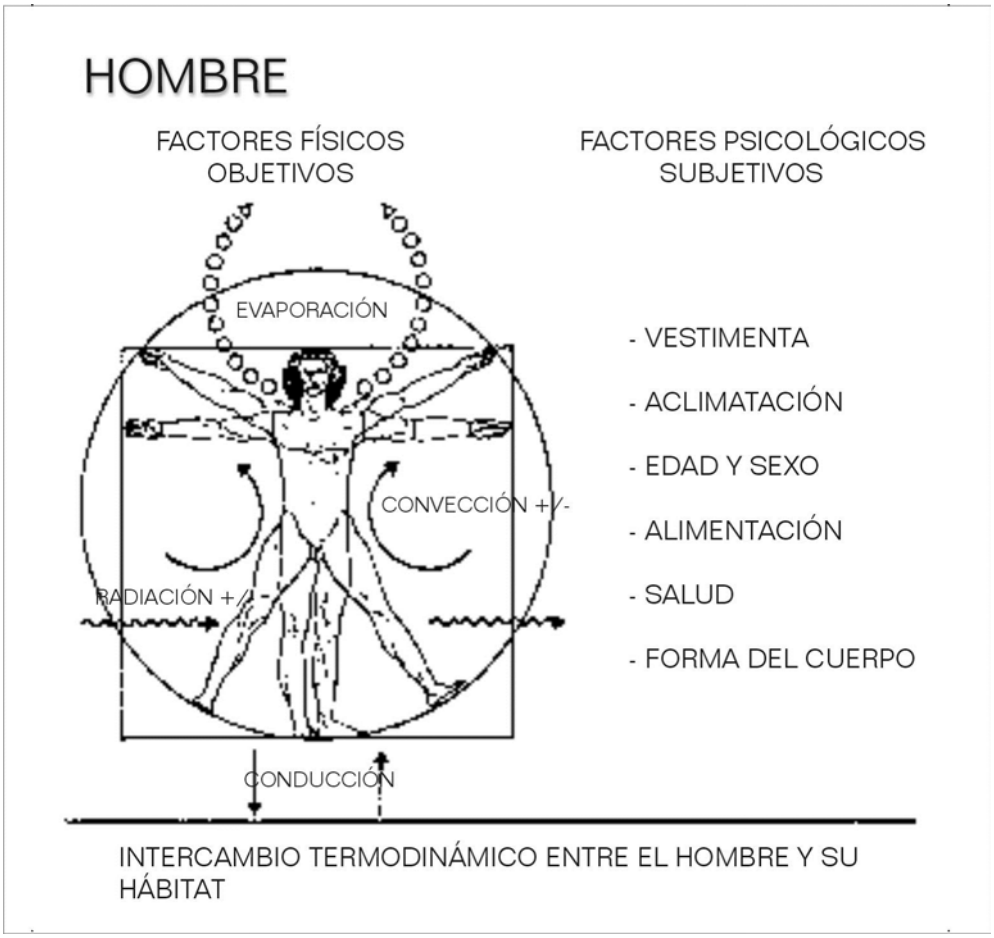


Fig. 6.3 Elementos objetivos y subjetivos del intercambio termodinámico entre el hombre y su medio ambiente.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS

El tiempo se describe midiendo sus elementos. Los fenómenos atmosféricos son medidos por los meteorólogos en los distintos observatorios meteorológicos, los que a su vez son nucleados en todo el mundo por la Organización Meteorológica Mundial que coordina y organiza la información.

La O.M.M. es una agencia especializada de las Naciones Unidas al igual que la Organización Mundial de la Salud y otras. Sin embargo, no es posible centralizar todas las observaciones y por ello existen los observatorios locales que proveen de información inmediata de las condiciones del tiempo y la central del Servicio Meteorológico Nacional en Buenos Aires donde se procesan los datos para encontrar los valores medios de las estaciones de cada provincia.

Los elementos climáticos más importantes son:

1.- radiación solar.
2.- temperatura.
3.- humedad.
4.- vientos.
5.- precipitaciones.
6.- evaporación.
7.- condiciones del cielo.
8.- presión atmosférica.
9.- otros meteoros.

RADIACIÓN SOLAR

En la dinámica atmosférica el intercambio radiante se da entre la atmósfera, que recibe radiación de onda corta del sol, y la tierra que emite en onda larga actuando el aire como intermediario.

La utilización de satélites artificiales, especialmente de la serie Nimbus, permitieron estudiar con gran precisión el comportamiento de la atmósfera superior. Estos satélites transmiten imágenes televisadas de la tierra con su cobertura de nubes.

El satélite Nimbus 7 (Hickey J.B., B.M.Alton y otros, 1983) registró la intensidad de la radiación solar extraterrestre, denominada constante solar, obteniéndose un valor promedio de 1372,75 W/m² entre un valor máximo de 1375,1 y mínimo de 1369 W/m².

Debido principalmente a la inclinación del eje terrestre con respecto al plano de órbita, la latitud de un lugar va a determinar variaciones en la cantidad de radiación recibida con influencia de otros factores actuantes como la topografía, composición de la atmósfera, etc. (Gonzalo G.E., 1983)

Las mediciones de radiación se realizan sobre la superficie de la tierra y los datos registrados nos pueden indicar en algunos casos solamente el número de horas en que el sol brilla en el lugar o tiempo durante el cual la iluminación energética del receptor es superior a 120 W/m², que es el valor mínimo admitido internacionalmente y a este valor en horas lo conocemos como heliofanía.

De acuerdo con el "Manual de Capacitación en Meteorología" de la Fuerza Aérea Argentina (Fuerza Aérea Argentina "Manual para capacitación en meteorología") se distinguen diversos tipos de heliofanías:

H.Efectiva: es el número de horas y décimos de hora en que el sol brilla en un lugar.

H.Teórica o Astronómica: es el número total de horas y décimos de hora para cada día, en que el sol puede brillar sin considerar los fenómenos meteorológicos y orográficos.

H.Relativa: es la relación entre la H. efectiva y la teórica.

H.Relativa Local: es la relación entre la H.Efectiva y la H.Teórica Local.

El aparato más comúnmente utilizado para medir la Heliofanía Efectiva es el **Heliofanógrafo** tipo Campbell-Stockers y su funcionamiento se basa en registro de la radiación directa proveniente del sol por la quemadura que produce sobre una cartulina que se coloca cada día en el interior del aro que rodea la esfera de vidrio. Esta esfera tiene 10 cm de diámetro y una distancia focal de 75 mm y enfoca los rayos solares quemando la cartulina solamente cuando la intensidad de la radiación supera el valor mínimo admisible.

Los datos de Heliofanía Relativa son los únicos que se miden en algunas estaciones meteorológicas y para conocer los valores de radiación deberemos apelar a simulaciones matemáticas. (Gonzalo G.E., 1983)

La red solarimétrica (Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, 1980) medía la radiación solar global sobre 40 localidades de la República Argentina mediante detectores fotovoltaicos e integradores electrónicos. El solarímetro fotovoltaico está compuesto por una oblea de silicio monocristalino con una de sus caras dopada con una impureza, como elemento sensible.

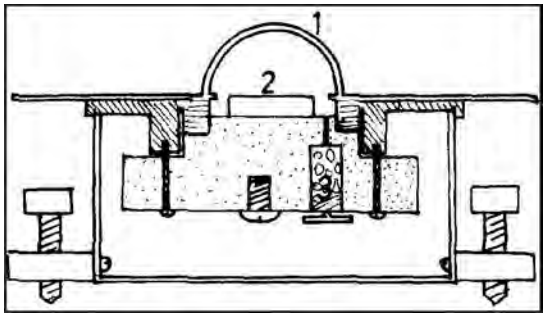


Fig. 6.4 Solarímetro fotovoltaico: (a) cúpula de cuarzo. (b) oblea de silicio. (c) deshumectante.

Se desarrolló un programa de computación que permite calcular en forma aproximada la radiación directa, difusa y total diaria, tomando en cuenta algunas variables que usualmente se tienen para una localidad. Este programa tiene en cuenta la transmitancia real de la atmósfera y la nubosidad para la localidad que se considere. En un apéndice, al final del libro, se encuentra el manual de uso del programa CEEMARADIA, que está incluido en el disco de programas.

Mediante el cálculo teórico se pueden obtener los valores de radiación presumibles no sólo como radiación global (directa + difusa) en un plano horizontal, sino para planos de cualquier acimut e inclinación, constituyéndose en una herramienta muy útil para el cálculo de la influencia solar en la arquitectura y en el uso de sistemas o estrategias que utilicen la energía solar. (Gonzalo G.E., 1984)

TEMPERATURA

Otro elemento importante del clima para el diseñador, y dependiente del ya enunciado, es la temperatura del aire de un lugar. Este dato es el que indican los boletines meteorológicos que se difunden por radio y televisión. A la temperatura del aire se la mide en las estaciones meteorológicas mediante termómetros, instrumentos que aprovechan la propiedad que tienen los cuerpos de contraerse cuando se les quita calor o dilatarse cuando se les entrega calor, y que entonces establecen referencias entre los distintos estados térmicos perfectamente definidos.

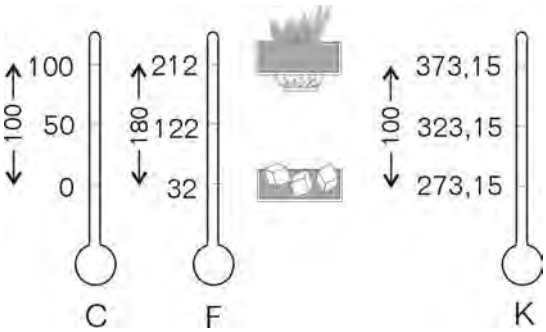


Fig.6.5 Equivalencia de escalas Celsius, Fahrenheit y Kelvin.

Los distintos tipos de termómetros que se utilizan son:

Termómetro común o seco: mide la temperatura del aire y son más convenientes los de bulbo plateado puesto que diminuyen la influencia de la radiación sobre el mismo.

Termómetro de mínima: su líquido termométrico es alcohol incoloro y tienen un índice de porcelana de 2 cm de libre deslizamiento en su interior. Este índice se desplaza por la tensión superficial del alcohol, manteniéndose en el lugar de temperatura más baja una vez que la tensión disminuye y el alcohol se dilata por efecto del aumento de temperatura. Este tipo de termómetro se utiliza para tomar temperaturas a 5 cm sobre el suelo o en contacto con el suelo.

Geotermómetros: son termómetros de vidrio acodados que nos permiten registrar las temperaturas a distintas profundidades. Van a ser de utilidad para los proyectos bioclimáticos donde se utilice el comportamiento inercial de la tierra o para sistemas como el de enfriamiento por cañerías enterradas.

Termómetros de máxima y mínima para meteorología: es un termómetro de vidrio con un capilar interno y doble bulbo. Al aumentar la temperatura el mercurio se desplaza hacia el bulbo con espacio libre para absorber la dilatación y empuja el indicador de máxima hasta llegar a la temperatura más alta del día. Los indicadores son de porcelana con un trozo de hierro en su interior para volverlos al punto inicial mediante un imán luego de medir.

Termógrafos Bimetálicos: se basan en la propiedad que tiene una lámina bimetálica, de curvarse en función de la temperatura, debido a los diferentes coeficientes de dilatación que tiene cada uno de sus materiales constitutivos.

Termógrafos de tubo Bourdon: consisten en un tubo de metal curvado y lleno de alcohol metílico. Cuando varía la temperatura se dilata o contrae el líquido haciendo variar la curvatura del tubo. Esta deformación se transmite a un estilete que imprime la temperatura instantánea sobre un tambor conectado a un aparato de relojería.

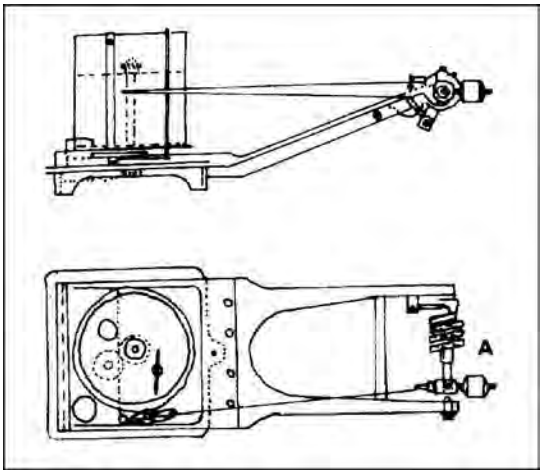


Fig. 6.6 Termógrafo bimetálico: (a) láminas metálicas con distintos coeficientes de dilatación.

Termómetros eléctricos: se basan en el aumento de la resistencia eléctrica de algunos materiales al incrementarse la temperatura.

Par termoeléctrico: debido al efecto Seebeck se determina la presencia de una fuerza electromotriz cuando en un circuito formado por dos semiconductores o dos metales diferentes, unidos en ambas juntas, se eleva la temperatura de una de las juntas. Midiendo con un aparato adecuado esta fuerza electromotriz podemos determinar comparativamente la temperatura.

Al trasladar estos datos de temperatura a un mapa y unir los puntos de igual cota por las líneas respectivas se obtienen las isotermas.

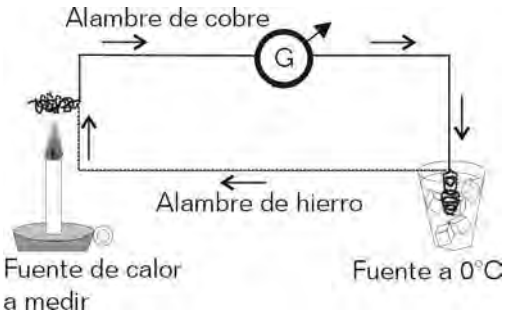


Fig. 6.7 Efecto de par termoeléctrico.

Los valores de temperatura que normalmente aportan las estaciones meteorológicas y que son de utilidad para el proyectista son:

Máxima y mínima media: se tabulan los promedios mensuales de las temperaturas extremas leídas en los termómetros de

máxima y mínima, en el período de 24 horas, entre las observaciones efectuadas a las 19:00 horas.

Máxima y mínima absoluta: se expresa la temperatura máxima más alta y mínima más baja que se registra cada mes de todo el período.

Temperatura media mensual: son los valores medios mensuales del período, tomando la media entre las máximas media y mínimas media.

Días con heladas: se indica el número medio de días por mes en que la columna del termómetro de mínima registra una temperatura menor o igual a 0 ºC.

Para algunos proyectos y sobre todo para simulaciones matemáticas del balance energético de un edificio, serán de utilidad para el diseñador otros datos de temperatura que no publican en forma normal las estaciones meteorológicas y que deberá procurárselos mediante una elaboración personal de los datos horarios que consiga de estas estaciones.

Día de diseño: expresa los valores horarios de las temperaturas secas y húmedas máximas y mínimas cuyos valores son superados solamente 5 veces al año.

Grados día: es la suma de las diferencias diarias de la temperatura media del aire exterior inferior a 18,5 ºC, con respecto a este valor para todos los días del año, para el período frío.

También se pueden indicar los grados días de enfriamiento para verano, siendo en este caso la temperatura base 24ºC.

HUMEDAD

El aire atmosférico es una mezcla de gases que en las capas cercanas a la superficie y al nivel del mar está compuesto aproximadamente por un 78% de nitrógeno, 20% de oxígeno y pequeñas cantidades de anhídrido carbónico, vapor de agua y gases raros.

De todos estos componentes el que mayor peso tendrá en el diseño, por su influencia sobre el hombre, será el vapor de agua o humedad del aire que es la cantidad de agua que se encuentra por unidad de masa o de volumen del aire y que denominamos humedad absoluta.

Esta humedad absoluta se expresa entonces en g/Kg ó en g/m^3 de aire seco y representa la mayor o menor sequedad del aire.

Los datos que nos entregan las estaciones meteorológicas no son los de humedad absoluta sino relativa y ésta expresa el potencial de evaporación que tiene el aire, ya que es el cociente entre la masa de vapor de agua que contiene 1 m3 de aire que está a una determinada temperatura y la masa máxima de vapor de agua que puede contener a esa temperatura dada; lo que llamamos humedad de saturación.

Otra forma de conseguir la humedad relativa es mediante la presión de vapor o tensión del vapor.

Cuando la cantidad de vapor contenida en el aire alcanza un máximo se condensa en forma de gotitas y se dice que el vapor ha alcanzado su tensión máxima y el aire se ha saturado.

El aire ejerce una presión que es la suma de las presiones parciales del aire seco y del vapor de agua y según la ley de Dalton se puede tratar una masa de aire como si el vapor ocupara todo el volumen, obteniendo la presión parcial que ejerce el vapor de agua solo.

El aire estará entonces saturado cuando la presión parcial del vapor de agua que contenga a una determinada temperatura sea igual a la presión del vapor saturado a la misma temperatura, por lo tanto podemos tener la humedad relativa sobre la base de:

HR%=H.ABSOLUTA/H.SATURACIÓNx100

Un concepto relacionado con estas mediciones será el de temperatura del punto de rocío que es la temperatura hasta la cual hay que enfriar una masa de aire, manteniendo constante la presión, para que dicha masa de aire se sature con la cantidad de vapor de agua que contiene, es decir, para lograr que el vapor contenido se condense.

La unidad que establece el SIMELA para la presión es el Pascal o sea 1N/m^2 siendo la equivalencia:

$$1 \text{ mb} = 100 \text{ N/m}^2 \text{ ó Pa}$$

Todos estos conceptos enunciados se relacionan entre sí en el diagrama psicrométrico, en el cual podemos encontrar distintos valores característicos de una determinada masa de aire conociendo dos de ellos.

Es así que las mediciones de humedad relativa se basan en los llamados psicrómetros que son juegos de termómetros (seco y húmedo) o

par psicrométrico. La diferencia de medida termométrica entre ambos nos permite obtener la tensión del vapor, punto de rocío y humedad relativa, combinando ambas en una tabla.

El termómetro húmedo o de bulbo húmedo consiste en un termómetro común con la ampolleta revestida con una gasa que se mantiene mojada con agua. El agua en contacto con el bulbo se va a evaporar según sean las condiciones del aire y por lo tanto va a disminuir la temperatura que indique el termómetro. En caso de que el aire esté saturado, las temperaturas indicadas por el par termométrico serán iguales.

Otra forma de registrar la humedad relativa es mediante el higrómetro de cabellos, en el cual el elemento sensible es un haz de 10-12 cabellos que aumentan o disminuyen su longitud según varíe la humedad del aire.

Adosando a este sistema un elemento graficador se pueden registrar los valores diarios o mensuales, denominándose a este aparato higrógrafo.

VIENTOS

El viento se produce por el calentamiento diferencial de la superficie terrestre originando que grandes masas de aire se muevan de un lugar a otro.

A nivel de superficie este desplazamiento es turbulento y no laminar (por obstáculos, vegetación, sinuosidades del terreno, movimientos convectivos, etc.), debiendo el diseñador tener cuidado en verificar en la zona del proyecto las características particulares del viento y su grado de relación con el comportamiento enunciado por las estaciones meteorológicas.

Estas últimas indican normalmente las frecuencias de los vientos reducidas a la escala convencional de 1000, es decir, el número de veces que el viento sopla desde una determinada dirección y el número de veces en que se registraron calmas. También se expresan las velocidades medias mensuales del viento en Km/h.

Las direcciones del viento se encuentran codificadas en las anotaciones meteorológicas según:

N:	36	NNE:	02	NE:	05	ENE:	07
E:	09	ESE:	11	SE:	14	SSE:	16
S:	18	SSW:	20	SW:	23	WSW:	25
W:	27	WNW:	29	NW:	32	NNW:	34

Los datos de velocidad son expresados muchas veces en nudos que es la velocidad necesaria para recorrer 1 milla marina (1853,25 m) en una hora.

La conversión a unidades del SIMELA sería:

Nudos x 0.5148 = (m/s)

Nudos x 1.8532 = (Km/h)

Como las tablas de valores de frecuencia y velocidad del viento son complicadas para utilizarlas directamente en el diseño, es conveniente representarlas en gráficas como la rosa de vientos, que se construye según una escala conveniente para la frecuencia de cada dirección y se indica en cada una de ellas el valor de la velocidad promedio.

El instrumental que se utiliza para obtener los datos de frecuencias y velocidades del viento es el siguiente:

Veleta o anemotropómetros: indica solamente la dirección desde la cual sopla el viento.

Anemotropógrafo: registra la dirección desde la cual sopla el viento.

Anemómetro pendular: está normalmente integrado a una veleta e indica por medio de una pantalla basculante la velocidad del viento.

Anemómetros a rotación: existen varios tipos de los cuales los más conocidos son:

- eléctrico con eje vertical.
- eléctrico con contador a rotación y eje vertical.
- eléctrico combinado (veleta eléctrica con anemómetro y registrador similar a 1 ó 2).
- portátil a eje horizontal.

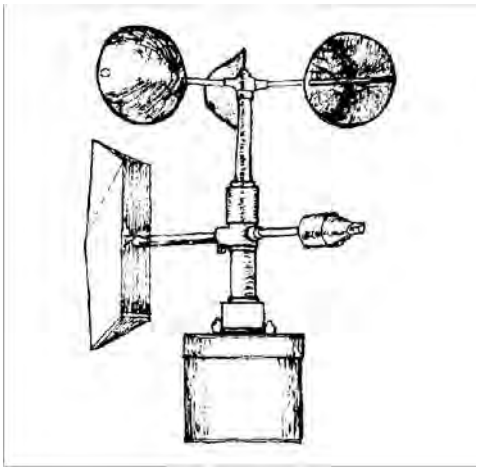


Fig.6.8 Anemómetro mecánico de eje vertical.

Anemómetros por presión sobre un tubo: mientras los cuatro anteriores de copa o hélice se basan en la presión diferencial del viento en las paletas, que al girar van a originar una corriente eléctrica que luego va a ser registrada, este último tiene las características de un tubo de Pitot y se basa en la sobrepresión que produce el viento al soplar en el interior de un tubo cuya abertura se enfrenta a la corriente y a la succión en la otra rama del tubo que es perpendicular al movimiento del viento.

Se utilizan también **anemógrafos eléctricos** autogeneradores que producen su propia energía de funcionamiento.

PRECIPITACIÓN

Es un hidrometeoro, entendiéndose por meteoros aquellos fenómenos especiales que tienen lugar en un instante dado. Es el agua en estado líquido o sólido que formada en niveles más altos, cae sobre la superficie de la tierra.

Este término puede indicar lluvia (gotas mayores de 0.5 mm de diámetro), llovizna (gotas de diámetro menor), nieve (pequeños cristales de hielo ramificados), granizo (glóbulos de hielo con diámetro entre 5 y 50 mm), niebla (diminutas gotas cercanas al suelo que disminuyen la visibilidad), neblina (gotas de idénticas características pero microscópicas), rocío (vapor de agua condensado sobre la tierra) y escarcha (vapor congelado).

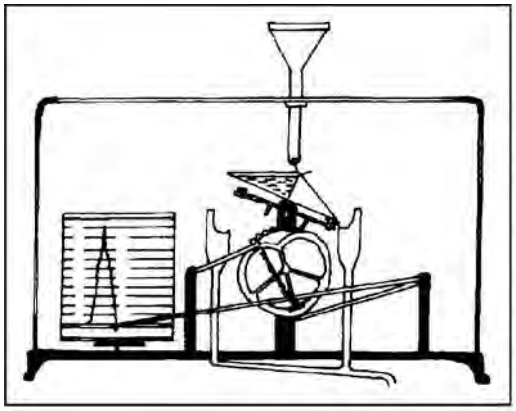


Fig. 6.9 Pluviógrafo tipo de pesas con cangilones.

El valor de lluvia se expresa según el espesor del agua precipitada en mm sobre la unidad de superficie y se mide con el pluviómetro donde se acumula el agua en una jarra colectora efectuándose luego la medición en una probeta graduada.

Los **pluviógrafos** registran la cantidad de agua precipitada, siendo los más comunes los del tipo de pesas con cangilones o los de muestreo. Estos últimos permiten el análisis del lavado de la atmósfera para determinar la polución de la misma, ya que por el movimiento producido por un motor se van llenando 25 recipientes de 20 g de agua cada uno, permitiendo que sean luego analizados químicamente.

De los datos medios mensuales que tabulan las estaciones meteorológicas podemos extraer algunos criterios para el diseño en un lugar determinado, debiéndose completar con los valores de lluvia máxima caída por hora o período de 24 horas, para poder pautar los desagües de los edificios y el drenaje de los terrenos adyacentes en forma adecuada.

Además, se deberían conocer los efectos combinados de lluvias intensas y vientos para encontrar los valores índices de lluvia torrencial en la zona donde se proyecte, siendo este índice el producto de la precipitación anual en metros por la velocidad media anual del viento en m/s.

Un índice de lluvia torrencial inferior a 3 m^2/s representa a una localidad "protegida" y si está entre los 3 y 7 m^2/s indica una exposición "moderada", siendo "severa" si supera éste último valor.

Algunas publicaciones meteorológicas dan además la desviación de la precipitación desde la normal y estos valores expresan la diferencia entre el valor normal de precipitaciones en un determinado período y el valor del último período registrado.

EVAPORACIÓN

La evaporación es el paso de moléculas del estado líquido al estado de vapor, a la temperatura ambiente.

Este dato será de utilidad para el proyectista, sobre todo en aquellos climas donde se pueda aplicar algunas estrategias de enfriamiento evaporativo o en otros en donde se deba proveer la humectación del aire para lograr alcanzar condiciones interiores confortables.

Se mide la evaporación sobre la base de los mm de agua evaporada por unidad de superficie y para ello existen muchos tipos de aparatos, siendo los más comunes: evaporímetro a balanza, evaporímetros Piche, evaporígrafos, tanques de evaporación.

CONDICIONES DEL CIELO

Los registros meteorológicos nos indican normalmente las condiciones de nubosidad media mensual en una escala de 0 a 10, correspondiendo el valor 0 a un cielo totalmente despejado y 10 a un cielo cubierto total.

También se indican las frecuencias medias mensuales de días con cielo claro, que es el número mensual de días en que el cielo estuvo despejado de nubes o en que el promedio del grado de nubosidad fue igual o menor a dos décimos y las frecuencias medias mensuales de días con cielo cubierto o en que el promedio del grado de nubosidad fue igual o mayor que ocho décimos.

Restando al número de días del mes la suma de estos dos valores podemos obtener la frecuencia media mensual de días semicubiertos y a estas tres frecuencias las utilizaremos para determinar el índice promedio de nubosidad de la atmósfera, en los cálculos de radiación solar.

Estos valores también serán de utilidad para las simulaciones de iluminación natural, ya que nos permitirán inferir los tipos de bóveda celeste que se aplicarán para el diseño de las aberturas en edificios.

Es también conveniente encontrar los valores de nubosidad horaria para el día típico de diseño, así como los valores promedios por la mañana, tarde y noche, ya que tendrán influencia significativa en el planteo espacio-temporal del diseño, como medio de integración a las variables climáticas.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El aire atmosférico tiene peso y a esto lo podemos comprobar si colocamos en una balanza dos globos con y sin aire. Al ser el aire un fluido la presión que ejerce se transmite en todas direcciones.

La presión normal del aire a nivel del mar es de alrededor de 1033.6 g/cm^2 y es la resultante del peso de la atmósfera cuya masa es atraída por la gravedad terrestre.

Esta presión se puede medir mediante el tubo de Torricelli, en donde la columna de mercurio desciende hasta que la presión de la atmósfera la equilibra y si medimos esta columna obtendremos 760 mm de metal, que es otra forma de indicar la presión de la atmósfera, denominándose a esta cantidad 1 Atmósfera.

La masa de esta columna será de 1033.6 g y si multiplicamos este valor por la gravedad media a nivel del mar, obtendremos una fuerza de 1.013.961 dinas, que aplicadas a 1 cm^2 nos determina la unidad denominada bar o baria, que es la unidad de presión. De allí deriva la unidad adoptada por el Servicio Meteorológico Nacional, donde:

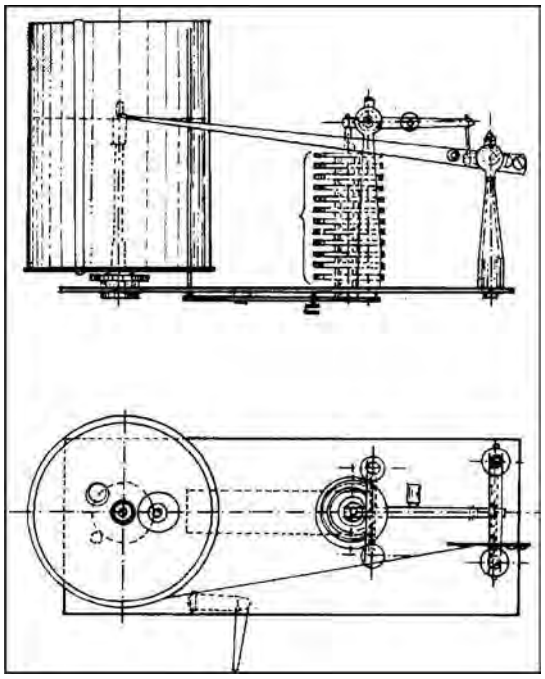


Fig.6.10 Barógrafo Richard.

1 baria o bar = 1 dina/cm^2

1 milibar = 1000 dina/cm^2

1.013.961 dina/cm^2 = 1013.9 mb

La presión entonces va a disminuir con la altura, ya que hay menos atmósfera por encima y a su vez está más enrarecida.

Además, va a variar según la latitud geográfica del lugar y por influencia de otros factores como la temperatura, humedad, vientos, etc.

La medición de la presión se realiza por medio de instrumentos que se clasifican en dos grandes clases: los de mercurio y los aneroides.

Barómetro de mercurio: deriva del experimento de Torricelli ya enunciado y consiste en un tubo de vidrio cerrado en un

extremo y lleno de mercurio, colocado verticalmente sobre una cubeta también llena de mercurio.

Al descender el mercurio en el extremo superior cerrado se genera un vacío y el aire presiona sobre la cubeta abierta, sosteniendo a la columna e indicándonos en una escala la presión.

Este barómetro abierto no es muy conveniente porque fluctúan los niveles de cubeta y columna en conjunto.

Para superar esto se utilizan los del tipo Fortin, que permiten hacer descender o ascender el nivel de mercurio antes de cada lectura, obteniéndose así una escala de longitud fija para la medición de la columna.

Las lecturas barométricas se corrigen luego por los factores actuantes: gravedad, por instrumental y por temperatura.

Barómetros aneroides: se basan en el principio de que una caja metálica de paredes flexibles, en la cual se hizo el vacío, y tenderá a ser aplastada por la presión atmosférica.

Si medimos la cuantía de este aplastamiento podremos obtener el valor de la presión. No son tan precisos como los anteriores, pero tienen la ventaja de ser más manuables.

Barógrafos: son barómetros aneroides con un sistema de inscripción que puede ser mecánico o eléctrico. Las fluctuaciones son transmitidas a una aguja que marca la presión sobre un tambor giratorio.

Si se trasladan los datos medidos a un mapa y se unen los puntos de igual cuantía se obtienen las isobaras o líneas de igual presión.

Las mediciones de presión de la atmósfera nos van a servir para determinar condiciones de cielo y comportamiento con respecto al medio en una localidad en particular, así como para ajustar algunos diagramas a las condiciones del lugar, como es el caso del psicrométrico.

OTROS METEOROS

Para algunas zonas van a ser importantes las especificaciones de otros meteoros tales como nieve o granizo, tormentas de viento y polvo, grado de contaminación por procesos industriales concentrados en el tiempo, lluvias orográficas características, etc.

En general siempre será conveniente que el proyectista tome contacto con residentes del lugar en el cual va a realizar su obra de arquitectura y los encueste sobre los principales fenómenos y comportamiento de los elementos climáticos del lugar a lo largo del tiempo; ya que esto permitirá que realice una adecuación a la zona en particular, en el caso de que existan registros meteorológicos o que infiera pautas de diseño de las construcciones del lugar y de las encuestas efectuadas, en caso de no existir dichos registros.

Fig.6.11 Casilla meteorológica normalizada y estación meteorológica remota, del IAA-FAU-UNT.

EJEMPLO DE ANÁLISIS CLIMÁTICO

Se muestra a continuación, un análisis del clima, del tipo de los que realizan los alumnos de la materia Acondicionamiento Ambiental 1, de la FAU-UNT, que luego utilizan como base para establecer las pautas de diseño y estrategias bioclimáticas, que se describen en los próximos capítulos. (Gonzalo G.E., S.L. Ledesma, V. Nota et al., 2002). Estos gráficos se realizan con el software CEEMAClima, que se describe en apéndice respectivo.

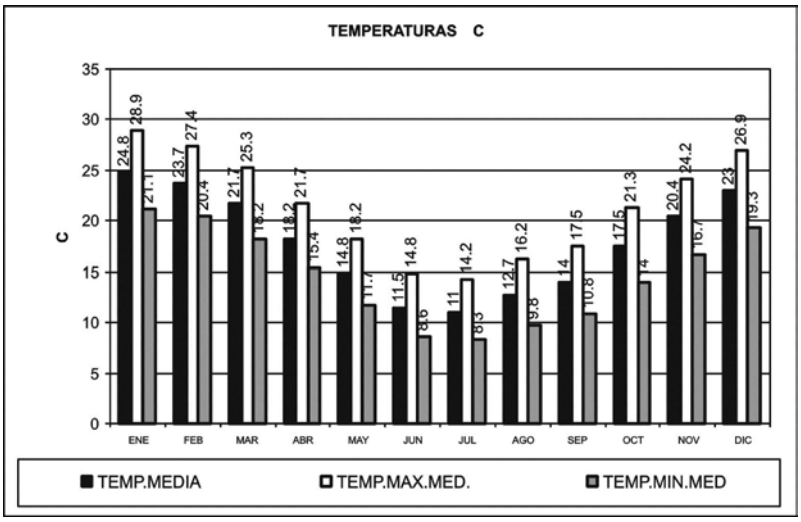


Fig. 6.12 Datos de temperaturas medias máximas y mínimas mensuales, y diferencias entre máximas y mínimas, para Aeroparque, Buenos Aires.

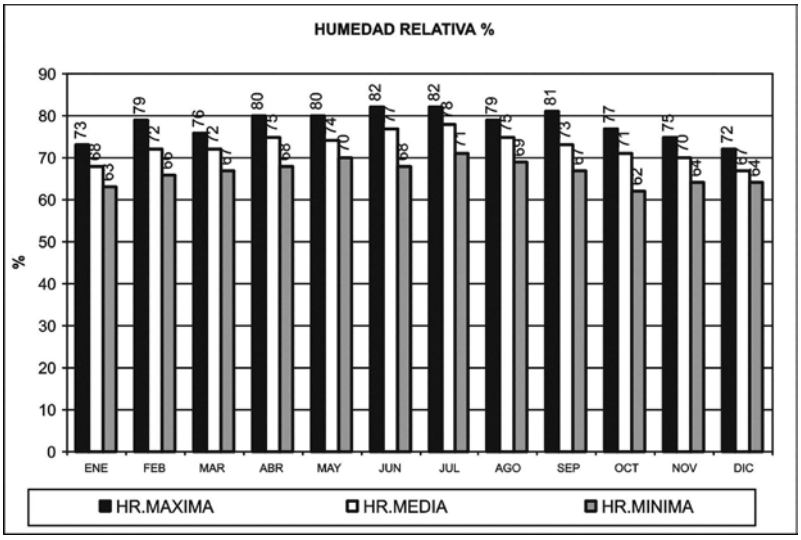


Fig. 6.13 Datos de humedad relativa medias máximas y mínimas mensuales y diferencias entre máximas y mínimas, para Aeroparque, Buenos Aires.

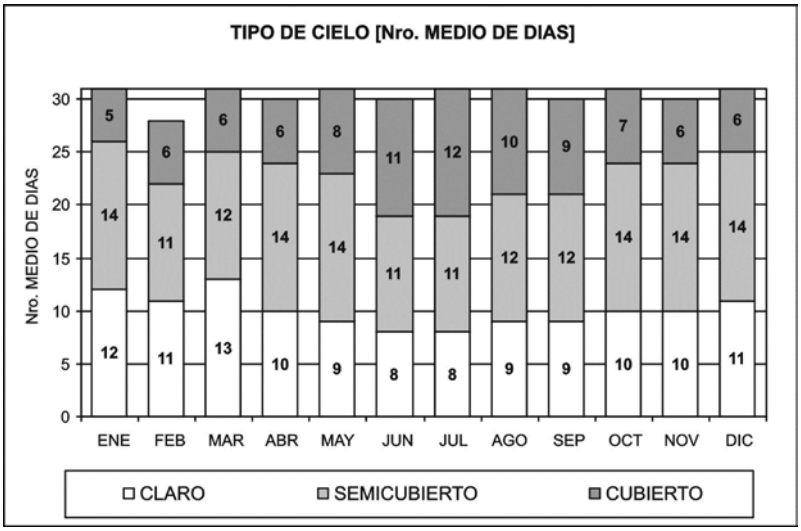


Fig. 6.14 Datos de tipos de cielo: claro, semicubierto y cubierto, en cantidad de días, para Aeroparque, Buenos Aires.

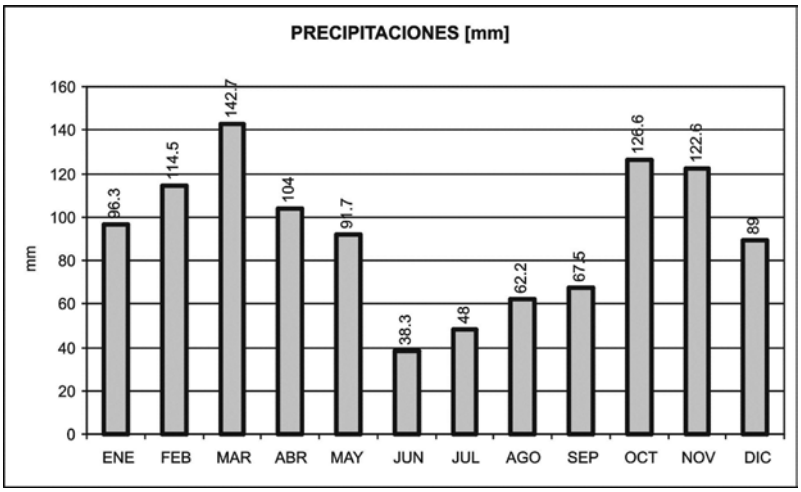


Fig. 6.15 Datos de precipitaciones, en milímetros, para Aeroparque, Buenos Aires.

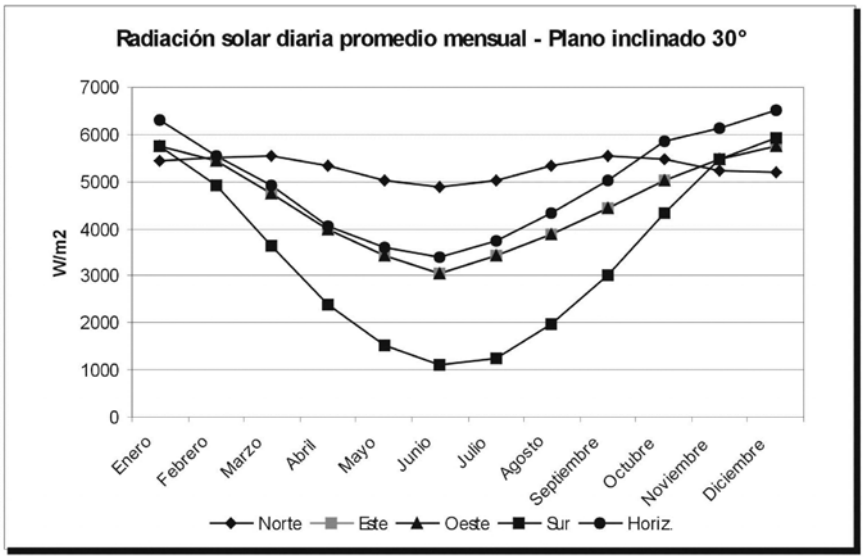


Fig. 6.16 Datos de radiación solar diaria, promedio mensual, en plano inclinado 30°, para S.M. de Tucumán.

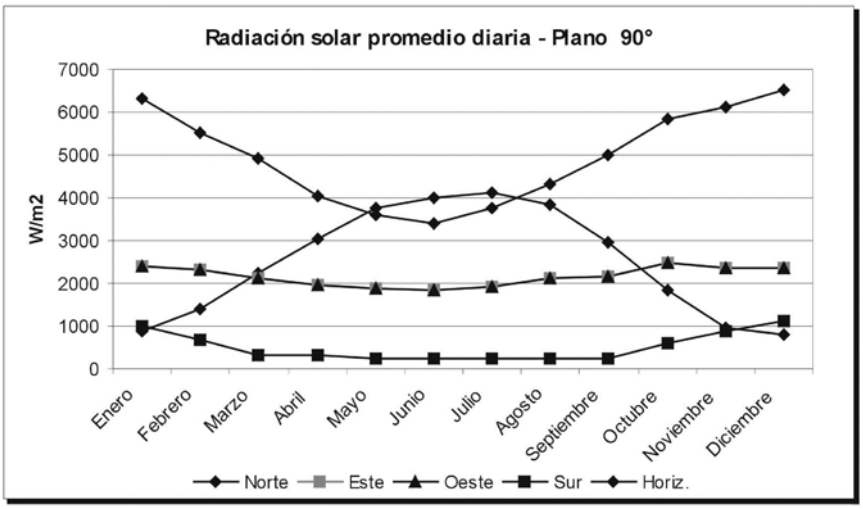
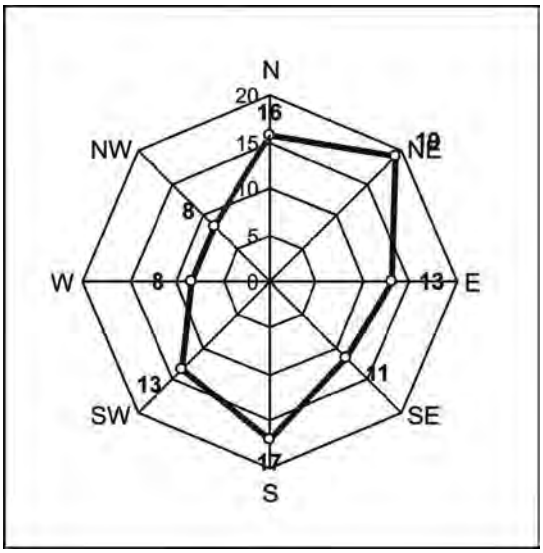


Fig. 6.17 Datos de radiación solar diaria, promedio mensual, sobre planos verticales y horizontal, para S.M. de Tucumán.

Fig. 6.18 Datos de frecuencias de vientos, en escala de 1000, para el periodo cálido, del Servicio Meteorológico Nacional, para Córdoba, Aeropuerto.

Esta Rosa de Vientos puede construirse mediante un software específico que desarrollaremos más adelante, y nos muestra la cantidad de veces que en promedio del periodo de 10 años considerado, el viento proviene desde una orientación determinada.



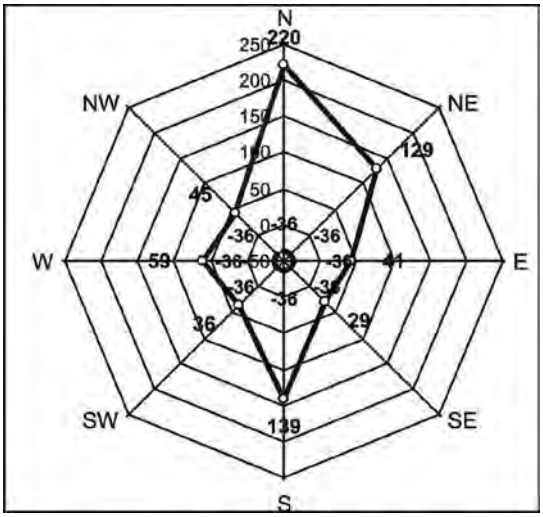


Fig. 6.21 Datos de velocidades promedio de vientos, periodo frío, del Servicio Meteorológico Nacional, para Córdoba, Aeropuerto.

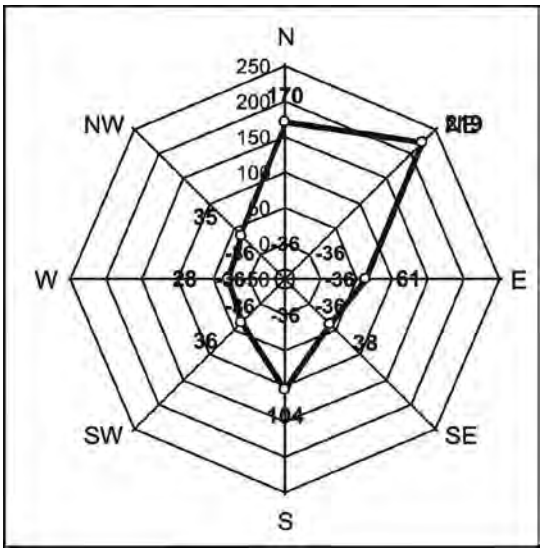
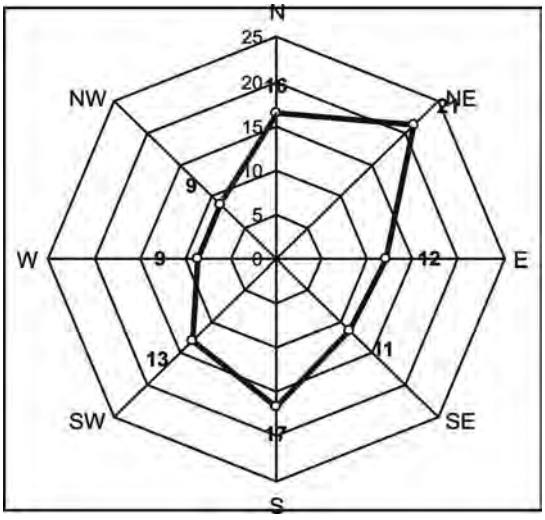


Fig. 6.19 Datos de velocidades promedio de vientos, periodo cálido, del Servicio Meteorológico Nacional, para Córdoba, Aeropuerto.

Este diagrama, como el anterior, también puede ser realizado mediante un software específico que desarrollaremos más adelante.

Fig. 6.20 Datos de frecuencias de vientos, en escala de 1000, para el periodo frío, del Servicio Meteorológico Nacional, para Córdoba, Aeropuerto.



Como en el caso que se muestra en este ejemplo, donde se trabaja con datos aportados por el Servicio Meteorológico Nacional, de la FAA, para un periodo de 10 años, es conveniente considerar como mínimo este lapso de tiempo. Para algunos factores meteorológicos, como las precipitaciones, se debería considerar un periodo mayor, ya que algunas previsiones de diseño se deben tomar para la máxima precipitación pluvial que podría tener un ciclo de ocurrencia mayor a 10 años.

Los datos de radiación promedio, para planos horizontales, se pueden obtener de algunas estaciones meteorológicas que los registran, como así también de algunos sitios de Internet, como en de la NASA, que cuentan con registros de satélites y estaciones en tierra de todo el mundo.

También se pueden utilizar modelos de simulación computarizados, como el caso que se muestra en el ejemplo y que luego desarrollaremos en un apéndice específico. Estos modelos deben considerar la influencia de la atmósfera promedio del lugar que se está analizando.

OTROS METEOROS

Dependiendo de la localidad de análisis, van a ser necesarios otros datos meteorológicos que permiten prever situaciones bioclimáticas y de diseño en general.

En las próximas figuras se muestran los gráficos obtenidos con el software CEEMAClima, para algunas de las variables que incluye dicho programa.

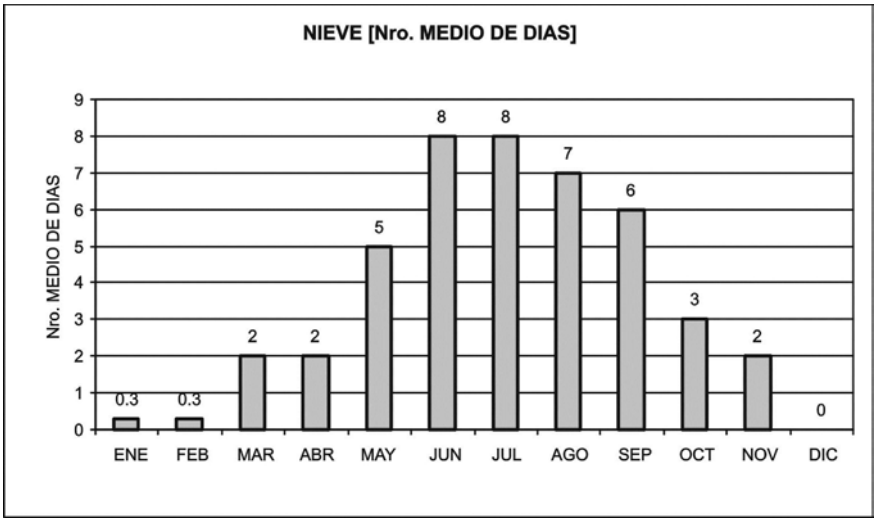


Fig. 6.22 Datos de número promedio de días con nieve, para Ushuaia, Aeropuerto.

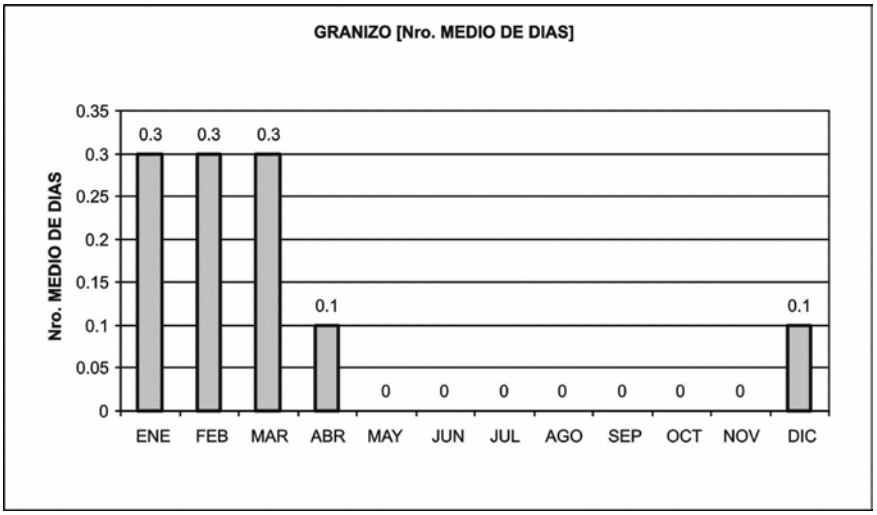


Fig. 6.23 Datos de número promedio de días con granizo, para Mendoza, Aeropuerto.

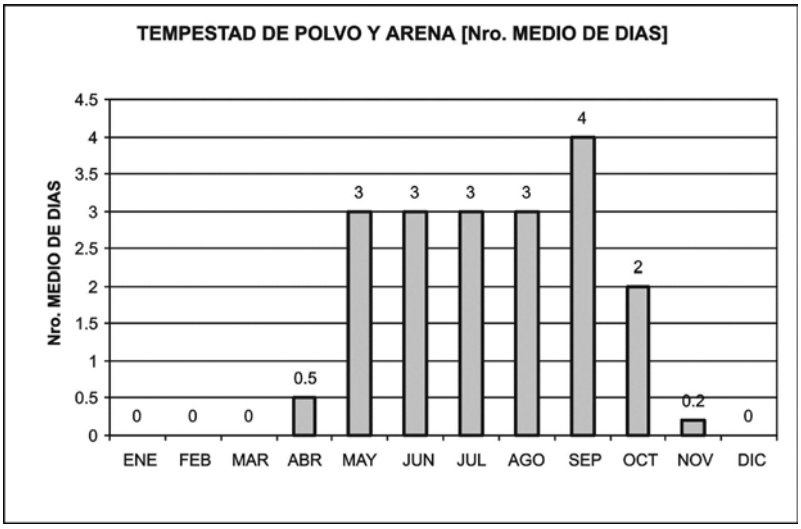


Fig. 6.24 Datos de número promedio de días con tempestad de polvo y arena, para La Quiaca, provincia de Jujuy.

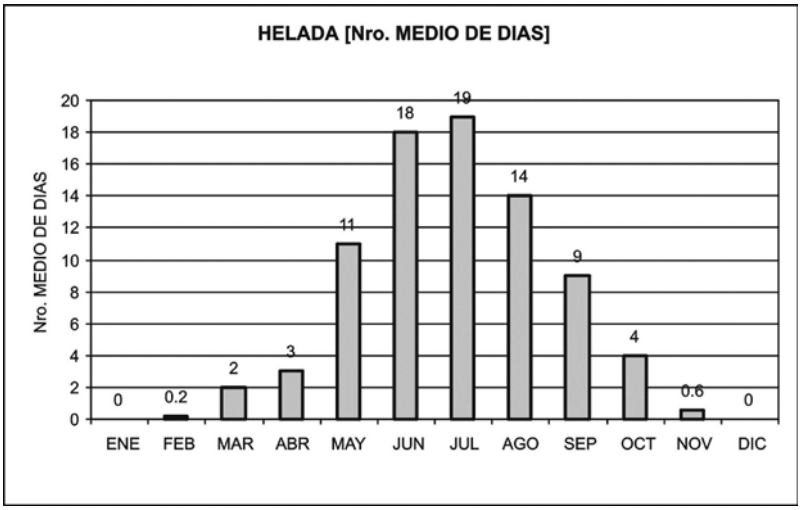


Fig. 6.25 Datos de número promedio de días con heladas, para Río Gallegos, provincia de Santa Cruz.

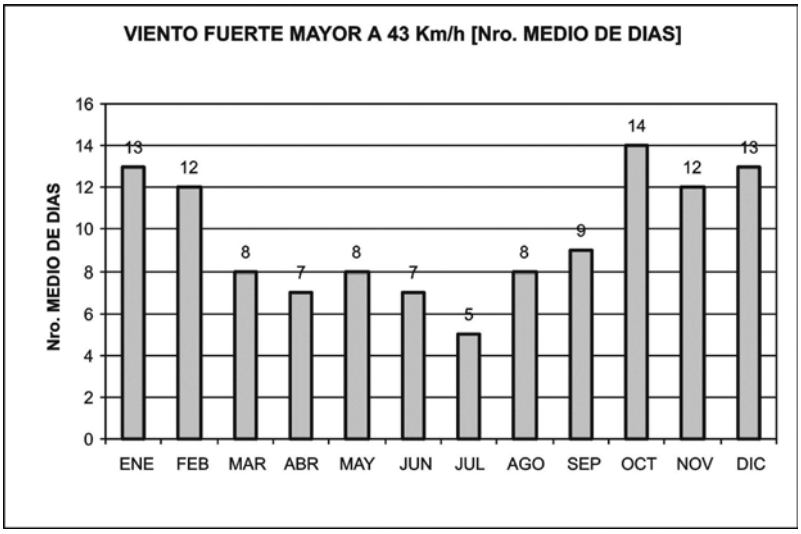


Fig. 6.26 Datos de número promedio de días con vientos fuertes, superiores a los 43 Km/h, para la ciudad de Neuquén, Aeropuerto.

REFERENCIAS

• Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Red Solarimétrica, (1980) Centro Espacial San Miguel, "1ºSEMESTRE DE 1980", Buenos Aires.

• Fuerza Aérea Argentina "Manual para capacitación en meteorología".

• Fuerza Aérea Argentina (1992) "Estadísticas climatológicas 1981-1990, Serie B-37", FAA, Buenos Aires.

• Fuerza Aérea Argentina "Estadísticas meteorológicas 1971-1980", FAA, Buenos Aires.

• Gonzalo G.E., S.L. Ledesma, V.Nota y otros (2002) "Jardín de Infantes: Metodología para su concepción bioclimática", Experiencia pedagógica Acondicionamiento Ambiental 1, año 2001. Tucumán. Bib.FAU N° Reg. 19124.

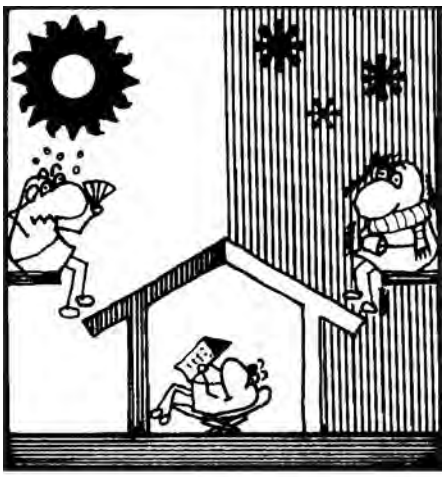
• Gonzalo G.E. (1983) "Cálculo de componentes directa y difusa reales de la radiación solar" FAU-UNT, Tucumán, inédito.

• Gonzalo G.E. (1983) "ARQSOL10 Y ARQSOL30. Cálculo del acimut y altura solar para distintas latitudes por computación y Radiación directa y difusa en planos inclinados", Tucumán, FAU-UNT.

• Gonzalo G.E., (1984) "Cálculo de la radiación horaria para planos de cualquier orientación e inclinación", FAU-UNT.

• Hickey J.B., B.M.Alton y otros "Extraterrestrial Solar Irradiance Variability" Solar Energy, Vol.29, Nº2, Pergamon Press, Londres.

7 CONFORT HIGROTÉRMICO



CONFORT HIGROTÉRMICO

La civilización, en el verdadero sentido de la palabra, no consiste en multiplicar las necesidades, sino en limitarlas voluntariamente... se necesita un mínimo de bienestar y confort, pero, una vez pasado ese límite, todo lo que debería servir para ayudarnos se convierte en fuente de malestar.
M.GANDHI

El hombre no tiene empeño alguno por estar en el mundo, en lo que tiene empeño es en estar bien. Sólo esto le parece necesario y todo lo demás es necesidad sólo en la medida en que haga posible el bienestar. Por lo tanto, para el hombre sólo es necesario lo objetivamente superfluo.
J.M. ORTEGA Y GASSET

INTRODUCCIÓN

Para analizar la relación entre el Medio Ambiente, el Hombre y la Arquitectura, comenzaremos por estudiar sumariamente las respuestas que el ser humano tiene frente a las condiciones termofísicas de la envolvente que recubre el espacio en donde habita, condiciones que dependen en principio de los factores climáticos de la zona donde está construido el edificio.

Si bien el confort higrotérmico es sólo una parte, en general la más importante para lograr el confort integral, no debemos olvidarnos de otros factores que influyen en la sensación de bienestar del ser humano, como son los factores acústicos, de seguridad, de adecuación espacial y social, etc., que complementan aquellos factores.

La ASHRAE define el confort térmico como "La condición mental que expresa satisfacción con el entorno térmico". Por lo tanto no vamos a poder definir unas condiciones ideales y universales, aunque si decir que los valores de confort higrotérmico se van a mover dentro de márgenes estrechos por la propia constitución fisiológica del ser humano.

Monnier distingue dos procesos: (Monnier A., 1968)

1.- Defensa contra el frío (conservación del calor).

2.- Defensa contra el calor (disipación del calor).

Al primer proceso se lo puede comparar con la “stress reaction” de Seyle, y las principales respuestas fisiológicas contra el frío son:

1.a. Control de pérdidas de calor.

1.b. Producción de calor (termogénesis).

Para controlar las pérdidas de calor el organismo responde con los siguientes mecanismos:

1.a.1. Decrecimiento de la conducción de la piel por vasoconstricción: los procesos vasomotrices pueden cambiar la resistencia promedio de la envoltura del cuerpo de 0,02 a 0,14 ºC/h m^2Kcal (relación 1:7).

1.a.2. Decrecimiento de la evaporación de agua por la piel: es en parte resultado de la vasoconstricción.

1.a.3. Decrecimiento de la evaporación de agua por las mucosas: la reducción de la evaporación en el tracto respiratorio y en la lengua (reducción del jadeo), bajan la pérdida de calor.

Además, las estructuras aislantes accesorias, como los depósitos de grasas, cabellos y pelos, son factores importantes para retener el calor.

En el caso de la producción de calor (termogénesis), vemos que en un organismo quieto y desnudo, situado en un ambiente con temperaturas controladas entre 28 ºC y 31ºC, puede mantenerse a temperatura interna constante solamente con el funcionamiento de las reacciones vasomotoras.

Si la actividad de los músculos no es suficiente para producir el calor necesario, se pasa a una actividad involuntaria como la contracción de los arrectores pilorum (piel de gallina), temblor y castañeo de los dientes. El movimiento voluntario de piernas y brazos incrementa sustancialmente la producción de calor. En este movimiento 1/3 de la energía se consume en el músculo y 2/3 se transforma en calor.

La producción de calor bajo condiciones de frío por muchas horas, puede ser del 400% mayor que en situación de confort.

Por otra parte, los principales mecanismos de defensa contra el calor (disipación del calor) son:

2.a. Mecanismos viscerales para la pérdida de calor: la vasodilatación, el sudor, la aceleración de la respiración y el jadeo, producen una aceleración de las pérdidas de calor. El mecanismo más eficiente es la secreción de sudor, ya que el hombre puede evaporar hasta 15 litros de agua por día, y hasta 4 litros/h por algunos minutos.

2.b. Inhibición de la producción de calor (hipotermia).

CONTROL AMBIENTAL Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO

La "Ecología General" es aquella que definida como "Ciencia Ambiental" estudia las interacciones entre el hombre y su ambiente en una aproximación sistémica de la naturaleza.

El control ambiental sería entonces la acción reguladora sobre los soportes naturales y culturales que el hombre, como agente creador y protagonista, desarrolla en la biosfera.

Conforme a lo propuesto por L. y R. Grinberg (T.E.A., 1983) el hombre manifiesta su identidad (individual o comunitaria) como la resultante del proceso de interacción continua de tres vínculos de integración. La identidad se va a ir definiendo a través de condicionantes culturales y naturales como una expresión de adaptación a un medio singular con características espacio-temporales definidas.

Fig. 7.1. Vínculos de integración.

Hans Seyle (Seyle, H., 1960), descubridor del funcionamiento del "Stress", determina a este como el precio del desgaste del organismo y define como "Síndrome General de Adaptación" ese valor que el individuo debe pagar para mantener su identidad.

Por lo tanto, el poder de permanencia (homeostasis: del griego homoios: similar, semejante y stasis: posición, estabilidad) de su medio interno, tendiente a lograr su constancia, lleva a que frente a determinadas situaciones el hombre reaccione según los tres pasos del síndrome general de adaptación:

1.- LA REACCIÓN DE ALARMA.

2.- EL ESTADO DE RESISTENCIA.

3.- EL ESTADO DE AGOTAMIENTO.

Y esto se manifiesta para cualquier hecho humano, desde rendir un examen hasta una grave enfermedad.

Cuando el estrés se produce como resultante de las reacciones de adaptación del individuo frente a acciones específicas o inespecíficas, se manifiestan los mecanismos de alarma y los estados de resistencia condicionados por los factores externos (p.ej. dieta, clima, experiencias concurrentes, etc.), e internos (p.ej. herencia, experiencias previas, etc.).

Vemos entonces que el estrés no sólo determina respuestas somáticas sino que, y de una manera indisoluble y quizás más importantes, reacciones psicosomáticas que pensamos son causas de conflicto de los vínculos de integración que habíamos explicitado, y esto según la respuesta que el individuo de a cada uno de los "problemas" o acciones que el medio le presenta.

En este marco global el control ambiental debería ser una parte de la ciencia ambiental según un enfoque integral que encuentre el significado de "calidad ambiental"... y esto necesariamente se escapa al marco de referencia del tema en cuestión.

Un segundo plano de análisis nos llevaría a la consideración de lo que se denomina "diseño bioclimático" en donde se trata de encontrar las acciones que ejerce el clima sobre el individuo, a través de la envolvente del edificio y que

pueden ser motivo de control por parte del diseñador, según los condicionamientos que el mismo en su individualidad establezca frente a dichas acciones.

CONTROL HIGROTÉRMICO. METABOLISMO

En una definición netamente fisiológica (Foster P.W., 1977), diremos que el metabolismo es el conjunto de las transformaciones que se producen constantemente en las células del organismo.

En el metabolismo están implicados simultáneamente los estados de Anabolismo o construcción de sustancia viva con su consiguiente consumo energético y Catabolismo o destrucción de la misma con eliminación de materia y energía.

Los alimentos ingeridos, por diversos procesos de desdoblamiento como la reducción, oxidación, etc., son reducidos a cuerpos más simples y absorbidos conformando una cadena de transformaciones químicas - biológicas de constantes cambios de materiales y energía entre la célula viva y su medio ambiente.

El ser humano, a diferencia de los vegetales, no puede sintetizar casi ninguna sustancia y depende fundamentalmente de los alimentos para obtener los materiales de reemplazo de aquellos que se gastan, así como la energía necesaria para mantener su termostasis. (del griego; therme; calor y stasis: estabilidad).

Justamente este último proceso se cumple en el estado catabólico, donde complejas moléculas orgánicas que acumulan en su seno una gran cantidad de energía, se destruyen liberando esta energía que posibilita las distintas acciones vitales y entre ellas la citada termostasis, es decir, el mantenimiento constante de la temperatura corporal.

En situación de reposo absoluto y en ayunas desde 12 horas antes, un individuo vestido y en un ambiente de temperatura y humedad regulada (16-18ºC), desprende en una hora una cantidad de calor que se denomina metabolismo basal. Esta cantidad va a depender

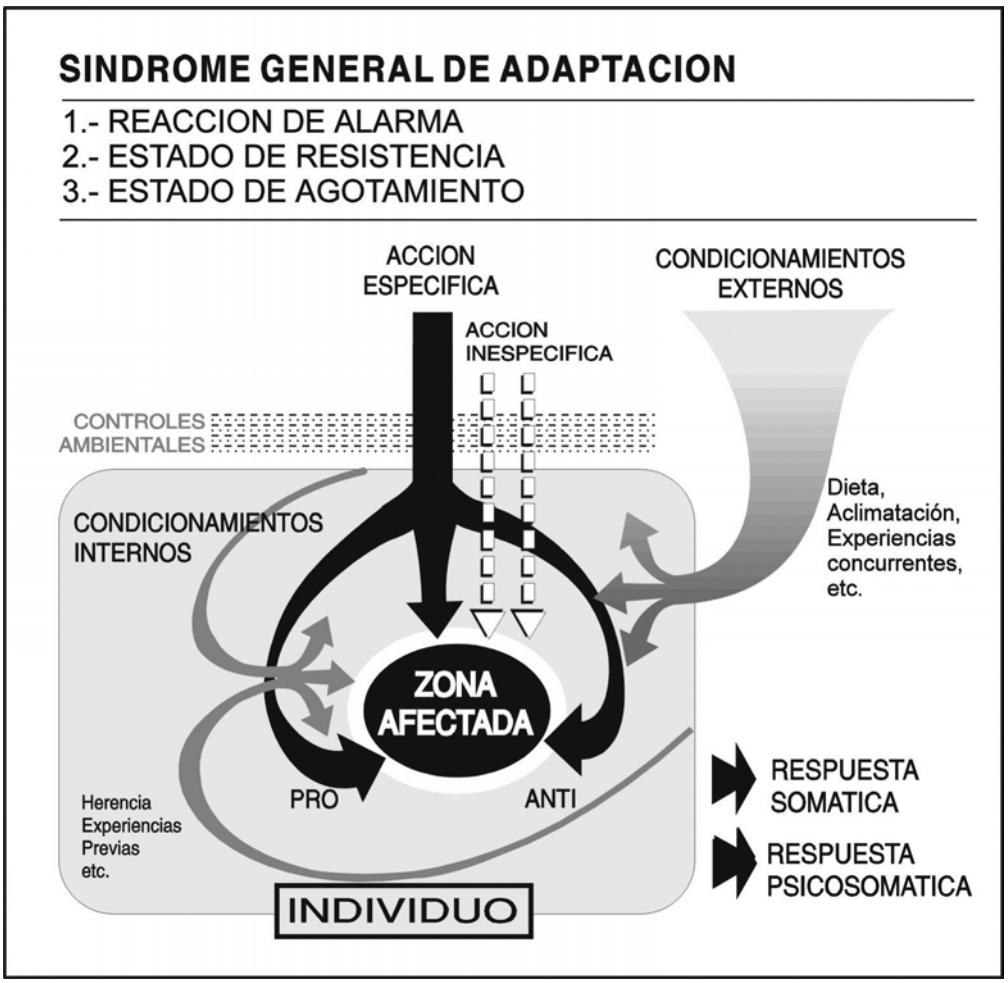


Fig. 7.2 Representación gráfica del síndrome general de adaptación.

principalmente de la constitución y del estado de salud del individuo, así como del sexo, la raza, la edad, etc., y nos va a dar la indicación del valor de las combustiones de un organismo en las condiciones de menor gasto material y energético posible (en reposo absoluto).

Según el investigador brasileño J. de Castro (De Castro J., 1946) el metabolismo basal no depende sólo de la temperatura sino también de la humedad del ambiente donde se registra. Encontró que en condiciones de calor húmedo disminuye el metabolismo en el orden del 15% con respecto a la misma temperatura pero en un ambiente seco.

Se ha comprobado experimentalmente que en general un niño tiene un metabolismo mayor que un hombre y este a su vez mayor que una mujer. Esto se explica porque el niño necesita formar materia a una velocidad mucho mayor que un adulto, en el cual se requiere energía fundamentalmente para mantener las funciones vitales.

Los requerimientos metabólicos (basal) de un adulto de 70 Kg de peso son de aproximadamente 60-70 Kcal/h, mientras que una mujer de 56 Kg de peso requiere de 50-60 Kcal/h. El metabolismo es, además, proporcional al peso de una persona.

Es importante destacar (Negrete J., 1984) que el consumo de energía en el hombre lo podemos subdividir en energía productiva para el funcionamiento somático y psíquico "equilibrado" y energía improductiva que requiere el individuo para realizar los ajustes necesarios ante acciones externas (p. ej. frío, calor, humedad, etc.) o por desequilibrios introducidos por el medio que, debido a sus condicionamientos, le producen estrés.

Nos damos cuenta entonces del importante rol que debe cumplir el arquitecto, ya que la sociedad le ha encomendado la ejecución de los ámbitos donde el hombre desarrollará especialmente sus vínculos de integración espacial, con mayor o menor éxito, no solo desde el punto de vista somático sino también psicológico.

Diversos autores presentan valores dispares para el metabolismo según el tipo de actividad y sería altamente benéfico para la precisión de las estimaciones que se realicen, el contar con mediciones realizadas para nuestra situación ambiental y con nuestra población típica.

Las diferencias de valores de la zona de confort que se pueden presentar, pueden apreciarse en la anterior figura para distintas partes del mundo. (Ellis F.P., 1979)

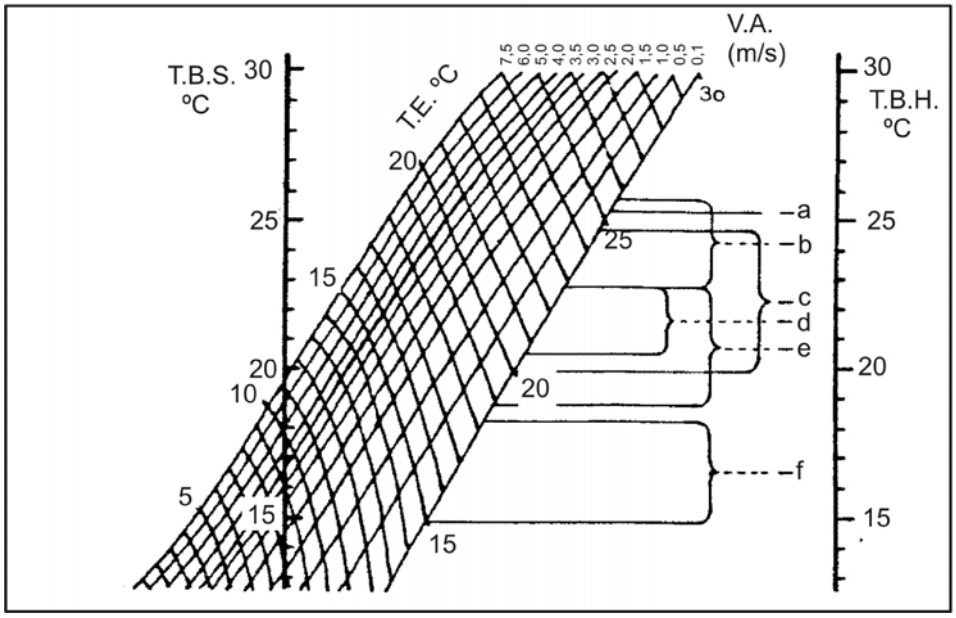


Fig.7.3 Zonas de confort para diferentes lugares del mundo. Aquí se puede observar como la aclimatación a un lugar determinado produce significativas diferencias en los valores de temperaturas efectivas de confort.

a): límite superior de zona de confort en Irán. b).: zona de confort en Singapur.
c): zona anual de confort en Calcuta. d): zona óptima de confort para verano en EE.UU.
e): zona óptima de confort anual en EE.UU. f): zona de confort para invierno en Reino Unido.

Actividad	Metabolismo (met)
Descansando:	
durmiendo	0,7
reclinado	0,8
sentado (quieto)	1,0
parado (relajado)	1,2
Caminando:	
A velocidad 2 m.p.h.	2,0
3 m.p.h.	2,6
4 m.p.h.	3,8
Diversas ocupaciones:	
Panadero:	1,4 a 2,0
Carpintero:	
serruchando (máquina)	1,8 a 2,2
serruchando (mano)	4,0 a 4,8
lijando (mano)	5,6 a 6,4
Trabajo en garaje	2,2 a 3,0
Trabajo en laboratorio	1,4 a 1,8
Trabajo mecánico:	
pesado	2,0 a 2,4
liviano	3,5 a 4,5
Asistente comercio	2,0
Profesor	1,6
Relojero	1,1
Conductor de auto	1,5
de motocicleta	2,0
de vehículo pesado	3,2
de avión	1,4
Trabajo doméstico:	
limpieza	2,0 a 3,4
cocina	1,6 a 2,0
lavado	2,0 a 3,6
compras	1,4 a 1,8
Trabajo oficina:	
tipeado	1,2 a 1,4
varios	1,1 a 1,3
Actividades recreativas:	
pesca	1,2 a 2,0
tenis	3,6 a 4,6
golf	1,4 a 2,6

Fig. 7.4 Tabla de metabolismo según actividad.

En la tabla anterior se muestran algunos valores aconsejados por la ASHRAE (1977) según una traducción personal.

El metabolismo o costo energético está expresado en una unidad denominada met que es definida como 58,2 W/m² o también 50 Kcal/m²h (para un hombre promedio corresponde aproximadamente un metabolismo de 100 W) y representa el calor producido en promedio por un hombre en actividad sedentaria.

En dicha tabla los costos energéticos están expresados en múltiplos de esta unidad relativa (estimada en 100 W).

Si se quiere obtener con mayor precisión el costo energético se puede determinar el área exacta del cuerpo, la cual se obtiene según lo propuesto por Du Bois: (Du Bois D.Y.E.F., 1916)

$$A = 0{,}202\ P^{0{,}425} \times H^{0{,}725}$$

Donde:

A = área del cuerpo en m².

P = peso del cuerpo en Kg.

H = altura del individuo en metros.

Para un hombre promedio de 70 Kg de peso y 1,73 metros de altura va a ser igual a 1,83 m².

El proceso fundamental de intercambio termodinámico entre el hombre y el ambiente se describe según la ecuación del balance térmico:

$$S = M - (\pm T) - E \pm R \pm Cv \pm Cd$$

Donde:

S = cambio en el contenido de calor del cuerpo expresado como la variación en la temperatura promedio del cuerpo.

M = metabolismo en relación con el consumo de oxígeno.

T = trabajo mecánico desarrollado.

E = intercambio por pérdida evaporativa, causada por la evaporación de fluidos orgánicos.

R, Cv, Cd = intercambio de calor sensible con el ambiente por radiación, convección y conducción.

Todas las unidades deben estar en el mismo sistema y si se utiliza el SIMELA en W. Cuando la parte derecha de la ecuación anterior asume valores positivos la temperatura del cuerpo se está elevando y si son negativos se enfría; si es igual a cero se alcanza el equilibrio térmico. Valores positivos de R, Cv y Cd causan un incremento en la temperatura del cuerpo y negativos una caída.

El trabajo mecánico T será positivo cuando está desarrollado por el cuerpo (por ej. al subir escaleras) y esta energía potencial debe

ser restada de la producida por el cuerpo M para encontrar el calor neto desarrollado dentro del cuerpo. Si T es negativo (por ej. al bajar escaleras) este calor es sumado al producido por el cuerpo.

Las variaciones que asumen los factores de la ecuación anterior se pueden observar en la figura 7.8. Vemos allí que existe una zona de temperaturas (29 a 31ºC para sujetos desnudos y 25 a 29ºC, para vestidos con trajes livianos) en donde no hay calentamiento o enfriamiento del cuerpo y en donde la pérdida evaporativa se incrementa.

R, Cv y E están en función de factores ambientales tales como la temperatura, velocidad y presión de vapor del aire y la temperatura radiante media de la superficie interna del local. Además, dependen de las condiciones de temperatura y presión de vapor de la piel.

INTERCAMBIO TÉRMICO HOMBRE-AMBIENTE

Si bien no se pueden definir condiciones universales de confort higrotérmico, como ya explicamos, podemos trabajar con las condiciones medias que permitan al hombre

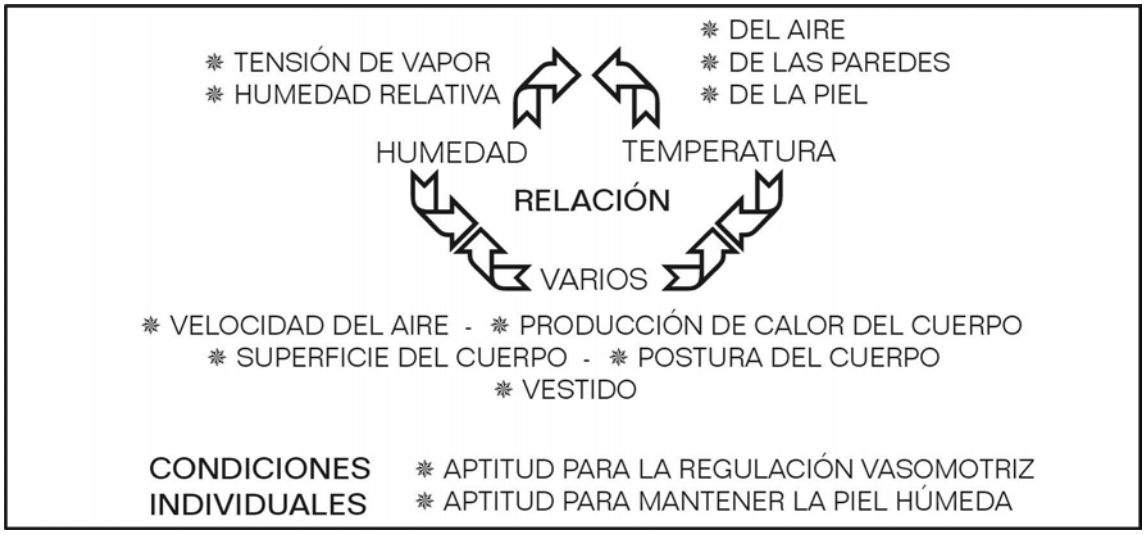


Fig. 7.5 Principales factores que intervienen en la sensación de confort. (N. Alaman, 1968)

FACTORES PRIMARIOS	METABOLISMO TEMPERATURA DEL AIRE TEMPERATURA RADIANTE MEDIA MOVIMIENTO DEL AIRE PRESION DE VAPOR TIPO Y CLASE DE VESTIMENTA
FACTORES SECUNDARIOS	TEMPERATURA DE LA VESTIMENTA MOVIMIENTO DEL AIRE BAJO LA VESTIMENTA TEMPERATURA DE LA PIEL CANTIDAD DE SUDOR HUMEDAD EN LA PIEL Y EN LA VESTIMENTA EFICIENCIA REFRESCANTE DEL SUDOR

Fig. 7.6 Factores que intervienen en el intercambio térmico del cuerpo vestido.

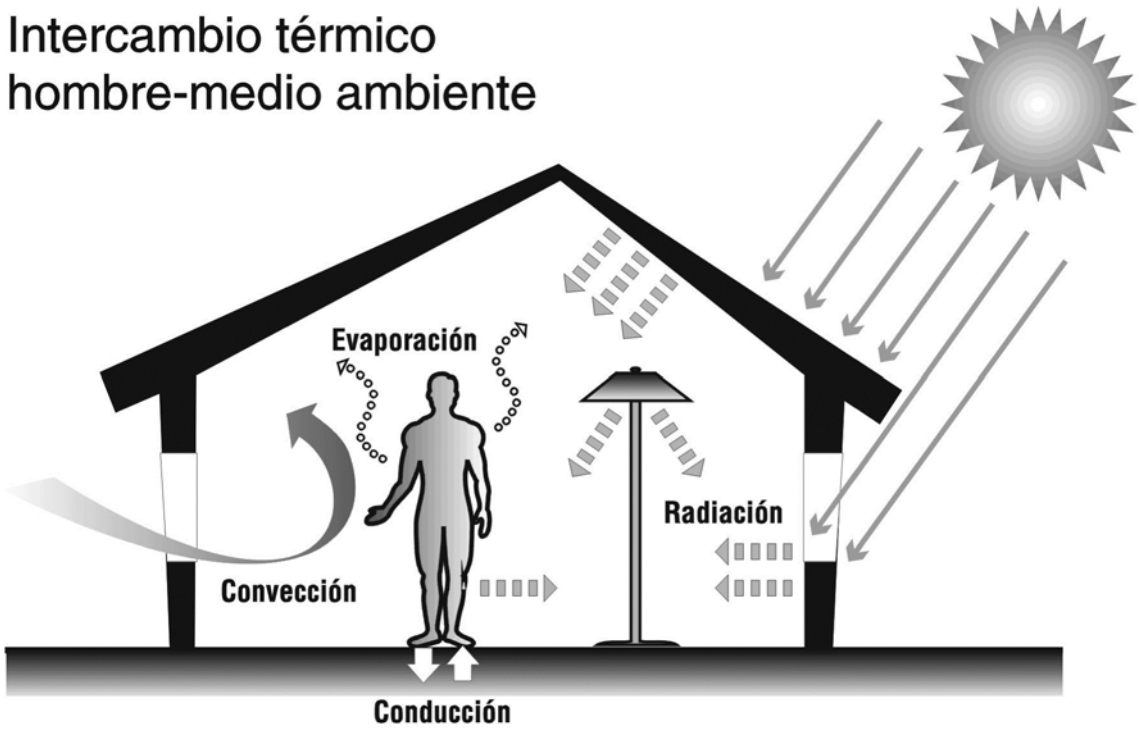


Fig. 7.7 Intercambio térmico hombre-ambiente.

promedio lograr sentirse higrotérmicamente confortable en un determinado ambiente, sin sensación de frío o calor.

Para ello debemos estudiar los factores condicionantes del balance térmico del cuerpo humano, que produce calor como consecuencia del metabolismo (calor que debe ser eliminado al ambiente) y el balance térmico del local en sí, que facilitará o no esta cesión.

Es decir que podemos hablar del metabolismo humano que intercambiará calor con un sistema higrotérmico limitado. La eficiencia de este intercambio dependerá del diseño correcto que se haya realizado para ese sistema higrotérmico general que incluye al hombre y al edificio, inserto en un bio-clima determinado (aunque sabemos que el término "correcto" va a ser lo más difícil de establecer).

Los principales factores que intervienen en la sensación de confort condicionados por los intercambios térmicos entre el hombre y el ambiente, se muestran en figuras 7.5 y 7.6.

ÍNDICES SUBJETIVOS Y FISIOLÓGICOS

Con el surgimiento de mayores exigencias normativas en el confort humano y sobre todo después de la aparición del acondicionamiento del aire, se comenzaron a elaborar índices que pudieran representar la respuesta humana frente a distintas acciones a que es sometido por su entorno. El "Handbook of Fundamentals" de la ASHRAE (1977) clasifica a los diversos índices según tres clases:

1.- Índices Directos: surgen de mediciones de las condiciones del aire, tales como: temperatura seca, temperatura húmeda, temperatura de rocío, humedad relativa; que se relacionan a través de la carta psicrométrica y la evaluación del movimiento de este aire en su efecto convectivo sobre el cuerpo humano según ecuaciones experimentales.

2.- Índices Racionales: derivan de relaciones, basadas usualmente en la diversa consideración de la ecuación general del balance térmico, vista anteriormente; y entre otros tenemos: la temperatura radiante media (TRM), temperatura operativa (R+Cv), temperatura operativa húmeda (de donde se desprende el índice de temperatura efectiva que veremos más adelante), índice de estrés térmico (o de Belding y Hatch), índice de piel húmeda.

3.- Índices Empíricos: basados en respuestas subjetivas, siendo los principales: índice de temperatura efectiva (TE) desarrollado por

Houghten, Yaglou y Miller en 1923 y que fue establecida como aquella temperatura de un aire quieto y saturado que produce la misma sensación subjetiva térmica que el aire considerado.

Este índice relaciona la temperatura húmeda y seca con la respuesta humana.

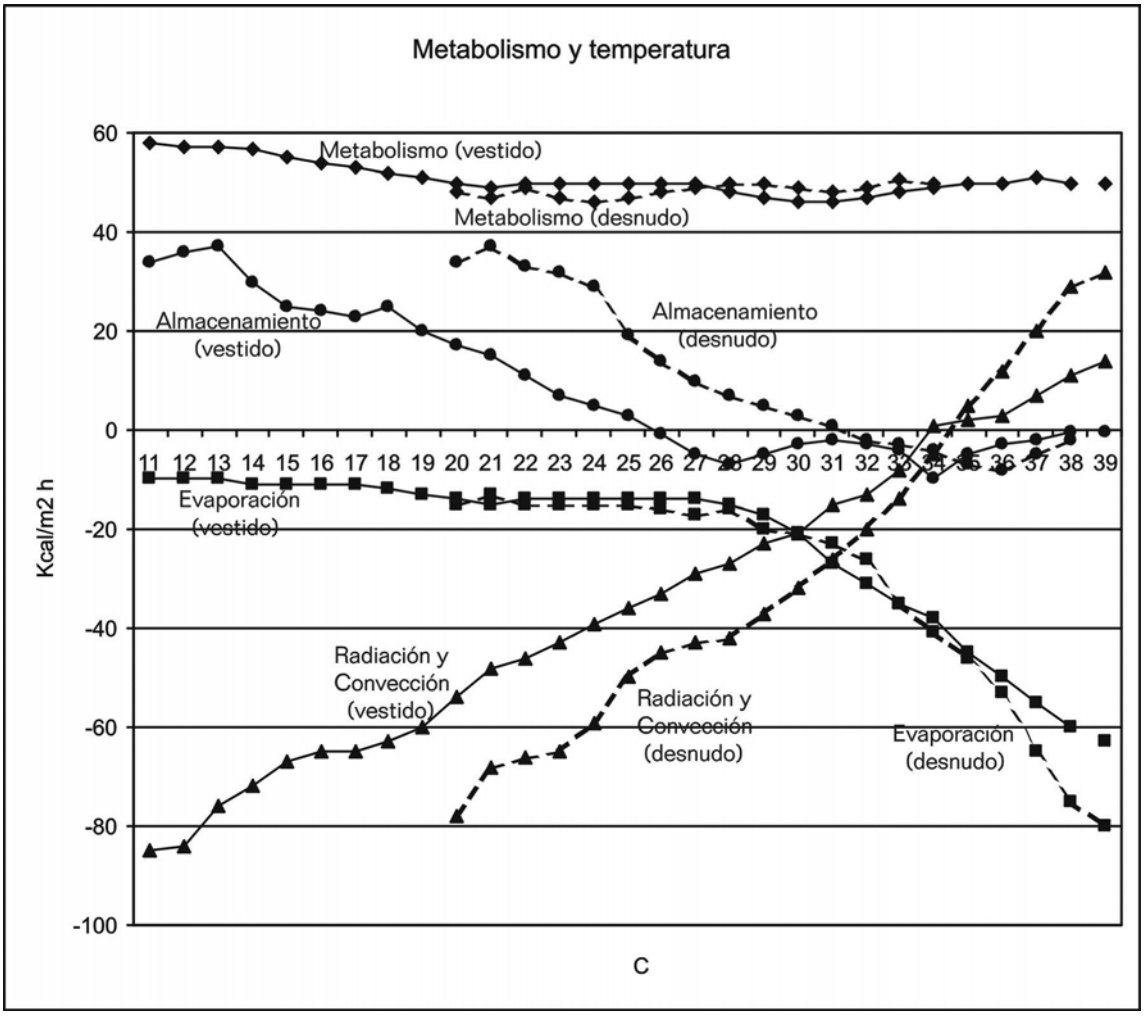


Fig. 7.8 Variación de los factores metabólicos según la temperatura efectiva. (Gagge A.P. y otros, 1938)

Otro índice es el de temperatura de Globo Negro (TGN) donde la respuesta se refiere a mediciones de temperatura seca, radiante y movimiento del aire. En el índice de temperatura efectiva corregida se combina la temperatura radiante con la humedad y la velocidad del aire y fue desarrollado como un mejoramiento del índice de temperatura efectiva por Vernon y Warner en 1932.

Missenard expresó algunas críticas sobre el sistema de evaluación utilizado para este último índice y desarrolló el índice de temperatura resultante (TR) que toma en cuenta las mismas variables que el anterior pero la evaluación subjetiva se realiza luego de un período de aclimatación.

Existen otros índices similares, todos intentos de encontrar un elemento de medición que representen un resultado "Humano" en los valores.

ÍNDICE DE TENSIÓN TÉRMICA (ITT)

Este índice fue desarrollado por Givoni y Berner-Nir y junto con el nuevo índice de temperatura efectiva de la ASHRAE se consideran los más completos para predecir el confort humano en un local con características establecidas.

Según referencia Givoni (op.cit.), el ITT es un modelo biofísico que describe los mecanismos del intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente, desde el cual puede computarse la

tensión térmica total sobre el cuerpo (metabolismo + ambiente).

Por encima de la zona de confort puede encontrarse la cantidad de sudor que es necesaria mantener para que se consiga el equilibrio térmico, en tanto y en cuanto el cuerpo pueda permanecer en equilibrio, en una elevada pero constante temperatura interior.
Por debajo de la zona de confort el índice toma un valor negativo, lo que indica una tensión por frío.

El ITT se basa en la hipótesis de que, dentro del campo de las condiciones en donde es posible mantener el equilibrio térmico, se segregue sudor en una proporción suficiente como para alcanzar el enfriamiento evaporativo necesario para equilibrar la producción de calor metabólico y el intercambio de calor con el ambiente.

La relación entre la secreción de sudor y el enfriamiento evaporativo necesario depende de la eficacia evaporadora del sudor.

Cuando existe una reducción en la eficacia del enfriamiento por exudación, el cuerpo suda en mayor proporción que la equivalente al calor latente del enfriamiento necesario, a fin de alcanzar el enfriamiento que necesita a pesar de la reducción de eficiencia.

La fórmula general del ITT es:

$$D = ((M - W) \pm C \pm R) \cdot (1/f)$$

Donde:

D = cantidad de sudor necesaria (Kcal/h equivalentes).

M = metabolismo (Kcal/h).

W = energía metabólica transformada en trabajo mecánico.

C = intercambio convectivo de calor (Kcal /h).

R = intercambio por radiación de calor (Kcal/h).

f = efectividad de enfriamiento por sudor, adimensional.

PRODUCCIÓN METABÓLICA Y T.E.C.

La producción de calor metabólico (M-W) es la diferencia entre el metabolismo (M) y la energía transformada en trabajo mecánico (W).

Los investigadores han encontrado valores diferenciados del rendimiento del trabajo mecánico. En el ITT un rendimiento del 20% de la energía producida en nivel de descanso de aproximadamente 100 Kcal/h se encuentra como un valor aceptable.

Entonces la producción de calor metabólico se computa de acuerdo con la fórmula:

$$(M - W) = M - 0{,}2\ (M - 100)$$

Luego podemos, mediante una ecuación o bien ayudados con gráficas, determinar el intercambio de calor por convección, por radiación y la efectividad de enfriamiento por sudor; con lo cual determinaremos en definitiva la cantidad de sudor necesaria que, según el valor que tome, nos indicará si tenemos situación de confort o de estrés por tensión térmica.

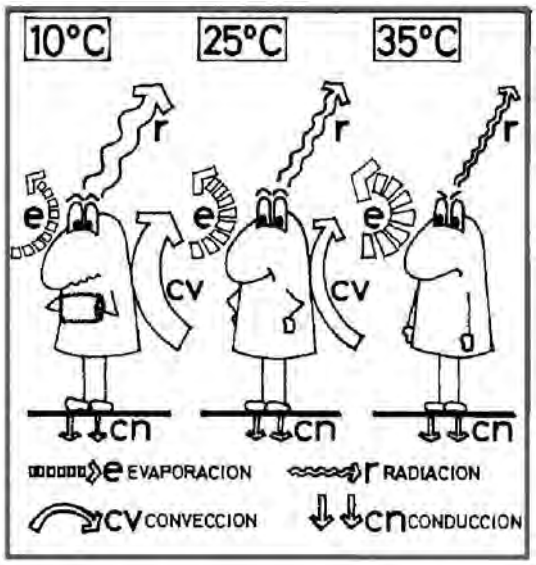


Fig. 7.9. Variación relativa de los intercambios térmicos, según la temperatura.

temperatura del aire	20 - 50°C
presión de vapor	5 - 40 mm Hg
velocidad del aire	0,1 - 3,5 m/s
radiación solar	todo el rango hasta 600 Kcal/h
metabolismo	100 - 600 Kcal /h
Vestimenta	semidesnudo, ligera de verano, industrial y militar

Fig. 7.10 Variación de los factores cubiertos por el ITT.

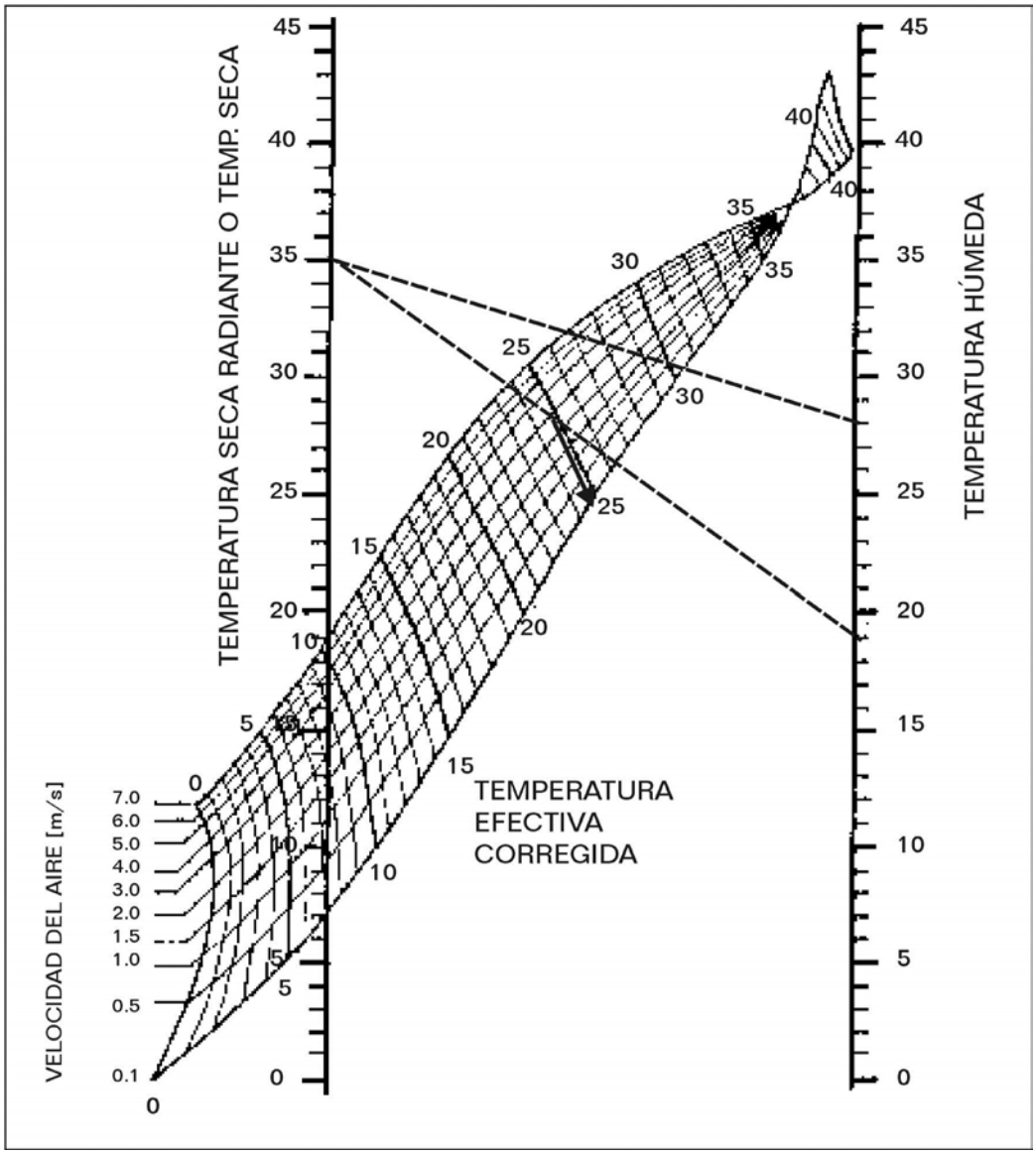


Fig. 7.11 Diagrama de Temperatura Efectiva Corregida (TEC).

Vemos en la figura 7.11 dos situaciones que podrían presentarse en el interior de un local. En ambas la temperatura seca o radiante es de 35°C, mientras que en un caso la temperatura húmeda es de 28°C y en el otro de 19°C (lo que indica que la humedad relativa es del 60 y 20% respectivamente).

En la curva que indica aire calmo (0,1 m/s) las temperaturas efectivas que encontramos serían de 30,5 y 26,2°C. Esta disminución de la temperatura que el ser humano está realmente sintiendo se debe a la distinta capacidad que tiene el aire de aceptar la humedad producida por en enfriamiento evaporativo del cuerpo.

También podemos observar que para el caso de que aire estuviese saturado, por lo que la temperatura húmeda sería igual a la seca, la temperatura efectiva no tendría disminución.

Si incrementamos la velocidad del aire, por ejemplo usando un ventilador, vemos que para la curva inferior un aumento a 3 m/s produce una disminución de la temperatura efectiva a 24,5°C, con lo cual ya estaríamos en situación de confort. Vemos en este ejemplo que es más fácil obtener confort por ventilación cuando la humedad relativa del aire es baja, característica de los climas cálidos y secos, que cuando es alta, como ocurre en los cálidos y húmedos.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

A fin de complementar la teoría expuesta desarrollaremos un ejemplo con uno de los métodos, el que utiliza el gráfico de temperatura efectiva corregida visto anteriormente y la producción metabólica. En este caso trataremos de determinar las características que debe tener el aire (en cuanto a sus variables de temperatura seca y húmeda, velocidad y humedad relativa) para lograr un 75 % de gente confortable en verano en un local destinado a comercio.

DATOS:

Destino del local: comercio.

Tipo de tarea : asistente de comercio.

Tipo de gente : adultos promedio.

Estación climática: verano.

Estimación de cantidad de gente confortable: 75 %.

Velocidad de aire interior:0,5 m/s

DESARROLLO:

De acuerdo con el destino del local y tipo de tarea, de tabla de figura 7.4. determino el metabolismo que es igual a:

comercio

asistente de comercio = 2 met

Tomando un valor de adulto promedio:

2 met * 58,2 W/m² * 1,8 m² = 209,52 W

La producción metabólica de calor será:

(M - W) = 209,52 - 0,2 (209,52 - 100)

(M - W) = 187,62 W

Con el dato de producción metabólica (M - W) y estableciendo el porcentaje de gente confortable, podemos obtener el valor de la temperatura efectiva corregida (T.E.C.) de la gráfica. En la misma se indica el porcentaje de gente confortable mediante las líneas inclinadas. El valor del 98% separa en dos zonas el diagrama, cada una de las cuales presenta las líneas de 0 a 98% de gente confortable, utilizándose la zona superior para el caso de verano y la inferior para invierno.

Para nuestro ejemplo tenemos que para una producción metabólica de 187,6 W y un 75% de gente confortable, para la situación de verano, obtenemos una temperatura efectiva corregida de 18ºC.

Con este valor de 18 ºC vamos al gráfico de figura 7.11., donde ubicamos el valor de temperatura efectiva corregida de acuerdo a la velocidad del aire que voy a tener en el local y conforme a la humedad relativa que es deseable mantener o que se tiene, determinamos el par de valores de temperatura seca y húmeda que el aire debe tener en el local. Para ello se debe utilizar el diagrama psicrométrico.

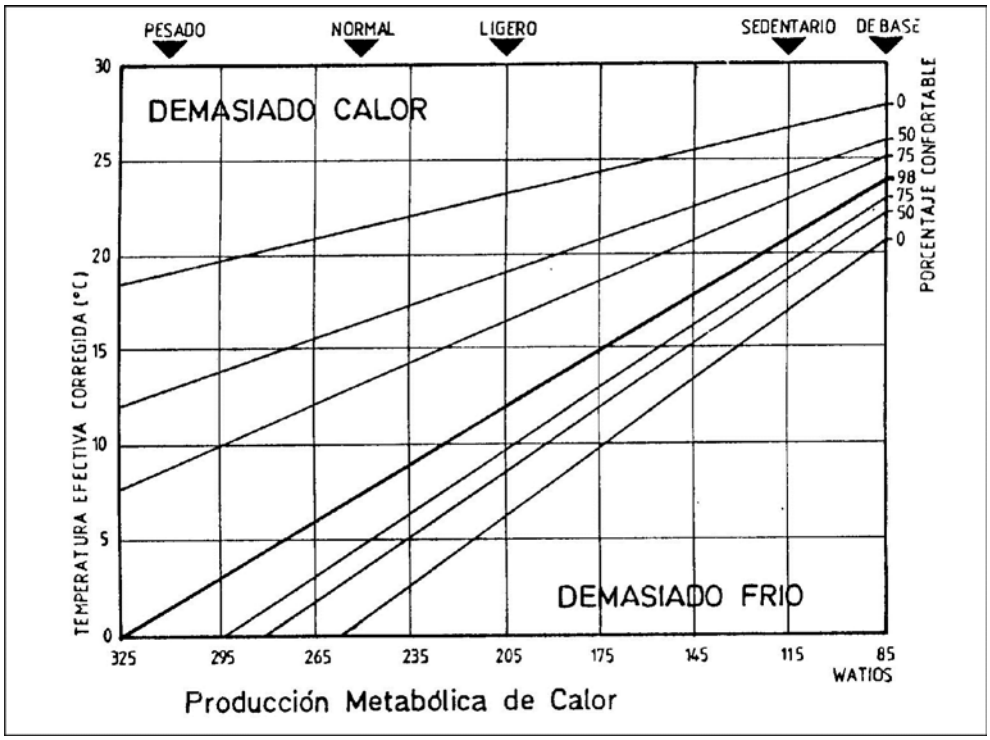


Fig. 7.12 Producción metabólica, TEC y gente confortable. (Turner D.P., 1971)

ÍNDICES DE LA C.E.C.

Otros índices, basados en los factores que se estudiaron anteriormente, agregan las condiciones de vestimenta y caracterizan tipos de actividades, a los fines de facilitar los cálculos. Este es el caso de los diagramas de confort propuestos por la C.E.C. (Commission of the European Communities, 1986) que son mostrados aquí sólo a modo de ejemplo, pero cuya utilización debe ser cuidadosa, como ya indicamos anteriormente.

CLO	EQUIVALENCIA EN TIPO DE VESTIMENTA
0	INDIVIDUO VESTIDO CON UN PANTALON CORTO LIVIANO
0.5	PANTALONES Y CAMISA LIVIANOS (EN EL CASO DE UNA PERSONA DURMIENDO CON 0 CLO, SE CONSIDERA EL CONTACTO CON EL COLCHON Y SE TOMA 0.5 CLO).
1	TRAJE DE CALLE NORMAL O PANTALON, CAMISA Y SWEATER.
1.25	PANTALON, CAMISETA, CAMISA Y SWEATER.
1.5	TRAJE DE CALLE DE INVIERNO Y SOBRETODO.
2	VESTIMENTA DE CARACTERISTICAS TERMICAS ESPECIALES (CAMPERAS PARA ESQUIAR, ETC.) O BIEN ROPA DE CAMA PIJAMA DE INVIERNO, SABANAS Y DOS FRAZADAS.
3	ROPA DE ALTA MONTAÑA O ROPA DE CAMA CONSISTENTE EN PIJAMA DE INVIERNO, SABANA Y DOS FRAZADAS CON UNA CUBRECAMA PESADA.

Fig. 7.13 Equivalencia de unidades CLO.

La unidad de vestimenta que se utiliza en estos diagramas indica el nivel de aislación de la ropa de uso corriente y se puede tomar como equivalencia aproximada:

$$1 \text{ CLO} = 0.155 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

En función de la actividad desarrollada y de la vestimenta la C.E.C. (Humpheys M.A., 1988) propone un gráfico de temperaturas operativas óptimas (ISO Draft Proposal DP7730, Jan.1982), en donde las bandas rayadas y en blanco indica el rango de confort (± t) alrededor del óptimo, que permite una expectativa de confort térmico para más del 80% de ocupantes.

DIAGRAMA DE CONFORT DE OLGYAY

En el diagrama que sigue podemos ver gráficamente las distintas situaciones de confort, según sean las condiciones de temperatura y humedad que tenga un determinado ambiente.

Podemos visualizar una zona de confort que se extiende aproximadamente entre los 20 y 25°C y los 20 y 60% de HR, disminuyendo la franja de temperatura cuando la humedad supera los 60%, ya que cuando esto sucede el mecanismo de transferencia de calor por evaporación comienza a tornarse dificultoso.

Como vemos en el gráfico podemos extender la zona de confort si acondicionamos selectivamente el local en estudio, mediante controles bioclimáticos que hayamos diseñado para la envolvente, o bien mediante equipamiento interno.

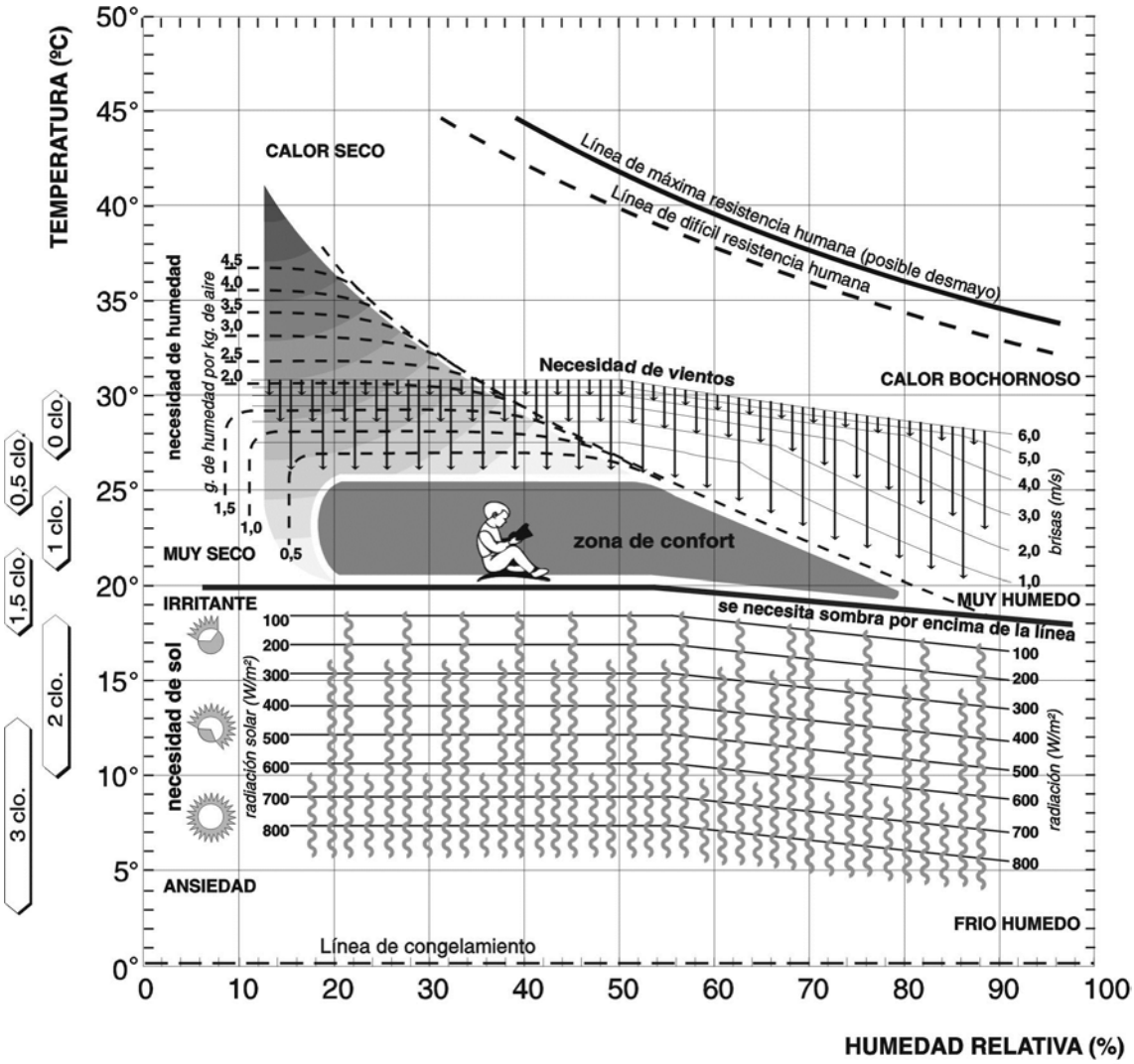
Así tenemos que si las condiciones de temperatura son menores a 20°C, podemos utilizar el ingreso de radiación solar para calefaccionar el ambiente y por lo tanto incrementar hacia abajo la zona de confort.

A medida que más nos alejamos de la línea inferior de la zona de confort, mayor será la cantidad de radiación solar que deberemos permitir ingresar al ambiente.

También observamos que al aumentar la aislación térmica de la vestimenta, podemos sentirnos confortables higrotérmicamente con valores de temperatura inferiores a la zona de confort.
El diagrama establece una escala de CLO que permite visualizar el rango de temperaturas en que influyen los distintos tipos de vestimenta, extendiendo la zona de confort hacia arriba y abajo, ya que esta zona está definida para una persona vestida con 1 CLO.

En el diagrama original no se incluía esta escala, pero se agregaron dado que nos pueden dar una indicación de los cambios adaptativos a las condiciones climáticas de temperatura y humedad que se pueden hacer según el tipo de vestimenta que utilicemos.

En el caso de que los pares de valores de temperatura y humedad estén por encima del límite superior de la zona de confort, vemos que podemos extender esta zona utilizando ventilación, y en el caso de que las condiciones sean de alta temperatura y humedad baja, podemos, además, utilizar humectación para extender la zona de confort.



NOTA: Los valores de confort corresponden a una actividad sedentaria (58,2 W/m² = 1 MET)

Fig. 7.18 Diagrama de Confort Higrotérmico de Olgyay, modificado.

ÍNDICES PMV Y PPD

Estos índices se basan en los trabajos de Fanger (1982) y se utilizan en la norma internacional ISO-7730 (1994) para la evaluación del confort térmico en un ambiente. La ecuación del balance térmico de este modelo considera las siguientes variables:

$$f\ (M, L, I_{cl}, T_a, V_a, Hr, T_{rm}, T_p, E_p) = 0$$

Siendo:

M = nivel de actividad. [Met]

L = calor sensible cedido por la respiración. [W]

I_{cl} = resistencia térmica de la ropa. [clo]

T_a = temperatura del aire. [°C]

Hr = humedad relativa. [%]

T_{rm} = temperatura radiante media. [°C]

T_p = temperatura media de la piel. [°C]

E_p = pérdida de calor por transpiración de la piel. [W/m^2]

VOTO MEDIO PREVISTO (PMV) PREDICTED MEAN VOTE

Este índice relaciona el balance de calor del cuerpo humano, en una situación particular de actividad, vestimenta y cuatro parámetros ambientales, con el flujo de calor requerido para obtener un confort óptimo.

De la propuesta de Fanger se deriva el cálculo del PMV de la norma ISO-7730, cuya

expresión matemática y modelo simplificado de cálculo manual se desarrolla en Santamouris M. y D. Asimakopoulus (1996). Este método de cálculo, con algunas correcciones y ampliaciones, se ha transferido a dos programas de computación (Ceemapmv y Ceemapmvmes) que se adjuntan en el disco y cuya metodología de uso se muestra en apédice respectivo.

El índice PMV predice el valor medio de los votos de un grupo grande de personas, según la siguiente escala de 7 puntos:

+3 Caliente.
+2 Cálido.
+1 Ligeramente cálido.
0 Neutral.
-1 Ligeramente fresco.
-2 Fresco.
-3 Frío.

La norma ISO-7730 recomienda utilizar el índice PMV sólo para valores comprendidos entre -2 y +2, y mientras sus parámetros principales se encuentren comprendido entre los siguientes valores: (Grosso M. 1999)

M	entre 0.8 y 4 met.
I_{cl}	entre 0 y 2 clo.
T_a	entre 10 y 30°C.
P_a	entre 0 y 2700 Pa.
T_{rm}	entre 10 y 40 °C
V_a	entre 0 y 1 m/s.

PPD PORCENTAJE PREVISTO DE INSATISFACCIÓN-PREDICTED PERCENT OF DISSATISFIED

El porcentaje previsto de insatisfacción se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$PPD = 100\text{-}95 \exp[-(0.03353\ PMV^4 + 0.1297$$

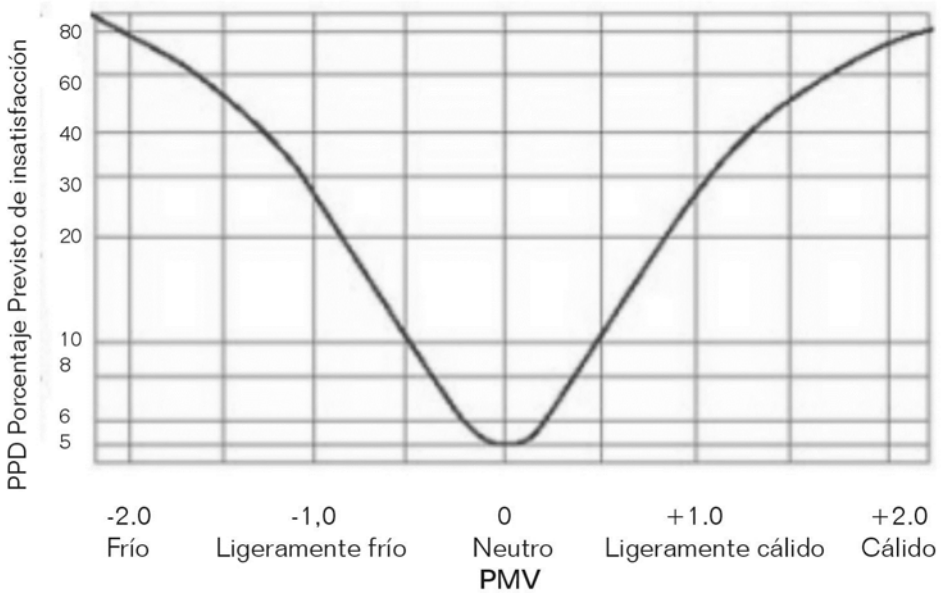


Fig. 7.19 Relación entre el Voto medio previsto (PMV) y el porcentaje previsto de personas insatisfechas (PPD)

PMV	PPD %	VALORACIÓN DEL AMBIENTE TERMICO
+3	100	Muy cálido
+2	75,7	Caliente
+1	26,4	Ligeramente caliente
+0,85	*20*	*Ambiente térmicamente aceptable*
+0,5<PMV<-0,5	*< 10*	*Bienestar térmico*
-0,85	*20*	*Ambiente térmicamente aceptable*
-1	26,8	Fresco
-2	76,4	Frío
-3	100	Muy frío

Fig. 7.20 Valoración del ambiente térmico, según voto medio previsto (PMV) y porcentaje previsto de personas insatisfechas (PPD)

TEMP.E
FECT.

°C	SENSACIÓN		FISIOLOGÍA	SALUD
45	LIMITE DE	TOLERANCIA	SOBRECALENTAMIENTO FALLA EN REGULACIONES	COLAPSO CIRCULATORIO
40	MUY CALIENTE	MUY INCONFORTABLE	INCREMENTO STRESS POR SUDOR Y CIRCULACIÓN DE LA SANGRE	PELIGRO CHOQUE TERMICO PROBLEMAS CARDIO-VASCULARES
35	CALIENTE			
		INCONFORTABLE		
30	UN POCO TIBIO			REGULACION NORMAL DEL SUDOR Y LOS CAMBIOS VASCULARES
25	NEUTRAL	CONFORTABLE		SALUD NORMAL
20	UN POCO FRESCO			REGULACION POR CAMBIOS VASCULARES
	FRESCO	UN POCO INCONFORTABLE	INCREMENTO DE PÉRDIDA DE CALOR SENSIBLE MAYOR ARROPAMIENTO O EJERCICIO	
15	FRIO	INCONFORTABLE	VASOCONSTRICCIÓN EN MANOS-PIES TEMBLOR	INCREMENTO DAÑO MUCOSA SECA Y PIEL (<10 mm Hg)
10	MUY FRIO			DOLOR MUSCULAR Y DISMINUCIÓN DE LA CIRCULAC.PERIFERICA

Fig. 7.19. Efectos sensibles, fisiológicos y en la salud, según escala térmica.

REFERENCIAS

• Alaman N. (1968), “Condiciones higrotérmicas en edificios”, Instituto Torroja, Madrid.

• ASHRAE, (1997) "Fundamentals Handbook (SI)", ASHRAE, USA.

• Commission of the European Communities, (1986) "European Passive Solar Handbook", C.E.C., Bruselas.

• De Castro J., (1946) "La alimentación en los trópicos", Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

• Du Bois D.Y.E.F., (1916) "A formula to estimate approximate surface area, in height and weight are known", Archives of Internal Medicine, Vol.17.

• Ellis F.P., (1979) Hunterian Lecture, Ann. Roy.Coll.Surg.13, 1953, Citado por Edholm O.G. "Hombre, calor y frío", Omega, Barcelona.

• Fanger P.O. (1982) “Thermal Confort”, R.E.Krieger Publishing Company, Malabar, Fl.

• Foster P.W., (1977) "Introducción a la ciencia ambiental", Ed. El Ateneo, Buenos Aires.

• Gagge A.P. y otros, (1938) "The influence of clothing on Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures", A.J.P., Vol.124.

• Givoni B., (1976) "Man, climate and architecture", Applied Science Publisher LTD., London.

• Grosso M., (1999) "Il raffrescamento passivo degli edifici", Maggioli Editore, Rimini.

• Humphreys M.A., (1988) "Desirable temperatures in dwellings", Building Research Stablishment, Garston, Vol.44.

• ISO (1984) "Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specifications of the Conditions for Thermal Comfort", ISO Standard 7730.

• Markus T.A. y Morris E.N., (1980) "Buildings, Climate and Energy", Pitman.

• Monnier A., (1968) “Functions of the nervous system”, Vol.I, General Physiology Autonomic Functions, Elsevier Pub. Co., Amsterdam-New York, Chapter 15: Regulation of temperature.

• Negrete J., (1984) "Relación Hombre-Ambiente (equilibrio energético)", FAU-UNT.

• Santamouris M. y D. Asimakopoulus (1996), “Passive Cooling of Buildings”, James&James (Science Publishers Ltd), London.

• Seyle, H. (1960) "La tensión en la vida", Compañía General Fabril Editora, Buenos Aires.

• T.E.A.-Uruguay, (1983) "Identidad, desarrollo, patrimonio", 1° Congreso Latinoamericano del Ambiente, Buenos Aires.

• Turner D.P., (1971) "Windows and environment", Pilkington Brothers Ltd., London.

8 ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS

Resulta pertinente acentuar el concepto de que las profundas y genéricas necesidades del hombre (entre las que se destacan principalmente las relaciones con el hábitat y el medio ambiente), se encuentran implícitamente contenidas en las estructuras más simples y puras del lenguaje, el cual es necesario redescubrir a fin de encontrar el nombre específico y los adjetivos precisos que con autenticidad y rigor, enuncian las necesidades del hombre a fin de que el artefacto a realizar pueda concretarse como respuesta profunda a sus requerimientos.

R.BULGUHERONI, "Palabra y arquitectura"

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos que debe satisfacer un edificio es el de brindar condiciones de vida confortables para sus ocupantes, permitiendo el desarrollo normal y pleno de las actividades que alberga. Esto implica que debe contar con ambientes de dimensiones, proporciones y cualidades apropiadas a las funciones que en ellos se desarrollan.

Entre estas cualidades ambientales se cuenta la de poseer un microclima que atenúe las variaciones extremas de las condiciones climáticas externas que resulten inconfortables para la vida humana. El desarrollo tecnológico en el campo del acondicionamiento ambiental provisto en forma artificial (aire acondicionado, calefacción, etc.) hace que puedan obtenerse por medios mecánicos condiciones interiores confortables, con casi absoluta prescindencia de las características particulares del diseño; pero ello involucra necesariamente incrementar en forma considerable el costo de los equipos, su mantenimiento y consumo energético para su funcionamiento.

Se debe entonces tratar de estudiar al máximo el diseño del edificio, a fin de llegar al más alto nivel de confort que se pueda conseguir por medio de soluciones bioclimáticas, que es la adecuación conveniente del edificio a los requerimientos y características del clima del lugar, de modo de aprovechar los aspectos positivos del mismo y mitigar aquellas influencias que afectan negativamente las condiciones del microclima interno.

Esta actitud lleva a realizar consideraciones generales basadas en pautas bioclimáticas que conducen a una correcta elección de la forma del edificio, su implantación, la distribución de locales, la ubicación y tamaño de las aberturas, la utilización de materiales y técnicas constructivas apropiadas, entre otras.

Entre estos factores tiene fundamental importancia la determinación de las características termofísicas de los elementos constructivos componentes de la envolvente del edificio, puesto que ellos serán el nexo regulador del comportamiento climático interno, con respecto a lo que ocurre en el exterior.

Además, su correcta elección y disposición determinarán gran parte de los gastos de funcionamiento y mantenimiento del edificio.

"Existen casos en que la defectuosa calidad física da lugar a circunstancias antihigiénicas para el hombre, elevadas pérdidas de energía opuestas a la economía, altos precios de coste y costosas averías y desperfectos en las construcciones, así como interrupciones de la producción que hay que pagar ciertamente".

"La industrialización de la construcción no ha disminuido esos defectos, antes bien los ha intensificado". (Eichler F., 1973).

Se deben considerar además los costos energéticos de fabricación de los materiales que se utilizarán en una obra, así como el costo de disposición final (económico y ecológico) y las posibilidades de re-utilización de los mismos al final de la vida útil del edificio. (Adalbert K.,a y b, 1997, y Cole R.J. y P.C.Kernan (1996)

TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor a través de la envolvente se produce básicamente de cinco formas: radiación, convección, conducción, infiltración y ventilación.

Las tres primeras las estudiaremos en su relación con los materiales que componen los elementos constructivos que están en contacto con el aire exterior y las dos últimas dependerán fundamentalmente del grado de estanqueidad de las carpinterías y sistemas constructivos y de las necesidades de ventilación higiénica y para el confort, que se tratarán con mayor extensión en un capítulo específico.

La transmisión de energía calorífica, por radiación, convección y conducción, depende de la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el interior de un edificio.

El calor se transmite desde el lugar más caliente al más frío, según el segundo principio de la termodinámica, tendiendo a que se produzca el equilibrio térmico.

Se debe distinguir el concepto de temperatura, que es la representación del grado o nivel térmico de un cuerpo o del aire del ambiente, del concepto de calor, que es la energía térmica que tiene un cuerpo o que pasa de un cuerpo a otro y que es la causa de que se equilibren sus temperaturas.

Es así, por ejemplo, si tenemos dos termotanques de 75 y 150 litros de capacidad y a una misma temperatura, al segundo deberemos entregar el doble de calor que al primero, para elevar sus temperaturas en una cantidad igual de grados centígrados.

Las temperaturas se miden en distintas escalas, que dependen de los valores numéricos que se tomen como referencia.

Así tenemos:

La escala Celsius o centígrada, que toma como referencias los puntos de congelación y ebullición del agua, a la presión normal, estableciendo dichos puntos con los valores de 0°C y 100°C, y dividiendo la escala en 100 segmentos, que representan cada uno 1 °C.

La escala Kelvin tiene los mismos intervalos de temperatura que la escala Celsius, pero su punto de partida, que se denomina "cero absoluto", vale -273,15 °C.

Entonces, una diferencia de temperatura de 10 C será igual a una diferencia de 10 K, pero, por ejemplo, una temperatura de 30 °C será igual a 30 + 273,15 = 303,15 °K.

La escala Fahrenheit aún se utiliza en algunos lugares y se encuentra en la bibliografía.

Según esta escala, a la presión atmosférica normal, el punto de solidificación del agua (y de fusión del hielo) es de 32 °F, y su punto de ebullición es de 212 °F.

El calor es una forma de energía que representa el potencial o la capacidad para realizar un trabajo, por lo que se mide en la misma unidad de trabajo: el julio [J] que simboliza la unidad de fuerza, el Newton [N] actuando sobre la unidad de longitud, el metro [m], siendo: N * m = J.

Encontraremos en la bibliografía otras unidades, como la BTU (British Thermal Unit) o la kilocaloría, que se definen como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 °F la temperatura de 1 lb (libra) de agua; o 1 °C la temperatura de 1 Kg de agua, respectivamente.

Las equivalencias con el SIMELA son:

1 BTU = 1055,06 J y 1 Kcal = 4186,8 J.

El calor específico de una sustancia es el calor necesario para elevar en una unidad de temperatura la unidad de masa y se mide en:

$$Ce = [J/Kg\ C]$$

por lo que a medida que mayor sea el calor específico de una sustancia, absorberá más calor para un determinado incremento de temperatura.

La cantidad de calor que absorbe un cuerpo es directamente proporcional a su masa, a la variación de la temperatura y al calor específico de la sustancia:

$$Q = m * Ce * \Delta t$$

Por ejemplo, si tenemos dos trozos de hierro iguales y los colocamos en dos recipientes con agua, calentando uno a 50 °C y el otro a 100 °C, y los depositamos luego sobre un trozo de hielo, vemos que el segundo funde más hielo y se hunde más, porque tiene mayor temperatura.

Así también, dos trozos de hierro de una misma longitud, uno de 6 mm de diámetro y el otro de 12 mm, calentados a la misma temperatura, se hundirá más el de 12 mm ya que tiene mayor masa. Por último, dos trozos de masas iguales, pero de distintos materiales, por ejemplo cobre y hierro, funden en forma distinta el hielo.

Cuando cambia el estado de una sustancia, a la cantidad de energía calorífica que interviene se la denomina calor latente, que es la energía necesaria para que la unidad de masa pase de estado sólido a líquido o de líquido a gas, o viceversa, sin modificar su temperatura. Para el agua, el calor latente a presión atmosférica normal es:

Fusión	
(hielo a 0 °C a agua a 0 °C)	335 KJ/Kg
Evaporación	
a 100 °C	2261 KJ/Kg
a 20 °C	2400 KJ/Kg

La potencia calorífica o tasa de flujo calorífico es la capacidad de llevar a cabo un determinado trabajo en una unidad de tiempo. Este valor es el que viene indicado usualmente en los artefactos que se utilizan en un edificio, como una caldera, lámpara, radiador, aparato de aire acondicionado, etc.

La unidad de trabajo consumida en la unidad de tiempo [J/s] se denominará watio [W], encontrando en la bibliografía otras unidades que tienen las mismas dimensiones físicas, como:

1 BTU/h	= 0,293 W
1 Kcal/h	= 1,163 W

Esta es la unidad que utilizamos para medir el flujo calórico que atraviesa un elemento de la envolvente de un edificio, o bien el múltiplo de esta unidad, el KW (1 KW = 1000 W)

Cuando no tenemos una unidad de área específica por donde se pueda medir esta tasa de flujo calorífico, utilizamos la densidad de tasa del flujo calorífico: W/m^2, también denominada intensidad calorífica. En esta unidad medimos, por ejemplo, el flujo calorífico a través de un elemento de la envolvente de cualquier tamaño o la radiación solar que incide sobre los mismos.

Conducción térmica

Es el proceso por el que la energía térmica se transmite a través de los materiales (sólidos, líquidos o gases) por excitación molecular de las moléculas contiguas. El flujo de calor se produce desde el lugar donde la temperatura es mayor, es decir, donde existe mayor excitación molecular o, lo que es lo mismo, donde las moléculas tienen una energía más elevada, hacia el lugar donde la temperatura es menor.

Entonces, para que se produzca la conducción térmica, tendremos que tener una continuidad física entre las moléculas que componen un material o entre dos materiales contiguos y que exista una diferencia de temperatura entre sus extremos. En el caso de tener vacío entre dos materiales, como se encuentran en las ventanas de doble vidrio con un espacio intermedio evacuado, se corta el proceso de conducción térmica.

Podemos distinguir el proceso de conducción térmica calentando un extremo de un elemento metálico que sostenemos en el otro extremo. En un principio no se apreciará un cambio, pero transcurrido un tiempo detectaremos un incremento en la temperatura del extremo en contacto con los dedos. La energía cinética de las moléculas de metal en contacto con la fuente de calor se fue transfiriendo a las moléculas contiguas hasta alcanzar el extremo opuesto.

La conductividad térmica se expresa como el flujo de energía que se produce a través de la unidad de material, cuando existe una unidad de diferencia de temperaturas entre sus extremos, por lo que se mide en: $W * m / m^2$ °C, que simplificado queda: [W/m C] o también [W/m K]

La inversa de este valor se denomina resistividad térmica, que se expresa en la unidad: [m C/W] o [m K/W]

Convección térmica

Es el mecanismo de transferencia térmica entre una superficie y un fluido. Las moléculas de un fluido en contacto con una superficie con mayor temperatura son excitadas, por lo que su densidad disminuye y se elevan, desplazándose y transfiriendo el calor por medio del movimiento de materia.

En espacios confinados, como puede ser una cámara de aire en el interior de un muro doble, se produce entonces un circuito convectivo que transfiere el calor desde la superficie más caliente a la más fría.

La convección puede ser natural, produciéndose la circulación del fluido debido a diferencias de densidades, causadas por diferencias de temperaturas, siendo el caso más común cuando analizamos la transmisión

térmica de la envolvente de un edificio. También podemos tener convección forzada, donde la circulación del fluido es causada por fuerzas mecánicas tales como ventiladores o inyectores.

Podemos distinguir el proceso de convección térmica si colocamos una mano por encima de un objeto caliente, por ejemplo un recipiente tapado que estuvo recibiendo calor de una hornalla, y percibir por una parte la mayor temperatura del aire con respecto a la que percibimos con la otra mano alejada del recipiente y por otra el mayor movimiento del aire.

Radiación térmica

Es el fenómeno correspondiente a la emisión y transporte de potencia, sin medio material, bajo formas de ondas electromagnéticas o fotones. Esta radiación se produce siempre que una superficie esté a mayor temperatura que otra, aún a través del vacío.

La energía radiante que recibe un cuerpo va a depender de su capacidad absorbente, expresada por su absorbancia total, que es el cociente entre el calor radiante absorbido por una superficie y el flujo de calor radiante total, siendo su símbolo α

También dependerá de su capacidad reflexiva o reflectancia, que es el cociente entre el flujo de calor radiante reflejado y el incidente (ρ) y de su capacidad de transmisión o transmitancia (τ) que es el cociente entre el flujo de calor transmitido por una superficie y el flujo de calor total.

Tendremos que para una superficie transparente:

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Y para una superficie opaca, donde la transmitancia es nula:

$$\alpha + \rho = 1$$

Podemos distinguir esta forma de transmisión de calor simplemente exponiéndonos a la radiación solar y percibiendo la diferencia de temperatura de la piel, o bien acercando una mano a una estufa radiante o a una plancha y detectando la diferencia de temperatura con la otra mano, alejada de la fuente de calor.

Evaporación

Se llama evaporación al pasaje de un líquido de ese estado al de vapor, efectuado exclusivamente en la superficie libre del líquido.

Este fenómeno térmico tiene mucho significado en los mecanismos de transferencia de calor del cuerpo humano, no así en la transmitancia térmica de la envolvente de los edificios, por lo que usualmente no se toma en cuenta, salvo en determinadas estrategias de enfriamiento que veremos en los próximos capítulos.

En el proceso de evaporación interviene el calor latente, que es la cantidad de calor necesario para producir el cambio de estado de un cuerpo, sin modificar su temperatura.

Para el caso de la evaporación del agua esta cantidad de calor es muy importante y lo podemos observar en el caso de calentar agua hasta su ebullición, donde luego de llegar a ese estado seguimos entregando una cantidad importante de calor sin que se incremente la temperatura del líquido.

Relacionado con las pérdidas de calor del cuerpo humano, podemos distinguir este proceso de enfriamiento evaporativo humedeciendo el dorso de una mano y soplando sobre la misma, percibiendo que está más fría que si soplamos sobre la otra mano que no hemos humedecido.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Una primera etapa para analizar el comportamiento de los elementos que componen un edificio es el análisis de las características físicas y termofísicas de los materiales que componen estos elementos.

Las propiedades de los materiales que determinan la cantidad de calor a ser transmitido hacia dentro o fuera del edificio son:

Conductividad

Es la propiedad que determina el flujo de calor transferido por el material en la unidad de tiempo, por unidad de espesor y de área, de una superficie a la otra, por unidad de diferencia de temperatura entre ambas superficies. Por lo tanto su unidad de medida en el SIMELA será: [W/m°C] y el símbolo utilizado: [λ]

Capacidad calorífica

Es la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de la unidad de masa de una materia un grado centígrado, lo que determina que los materiales sean calentados en forma diferente conforme al producto de su densidad y calor específico. Su unidad es: [J/Kg C]

Características de la superficie con respecto a la radiación

Como ya vimos, la reflexión, la absorción y la transmisión de una superficie indican la proporción en que la radiación que incide sobre la misma va a ser absorbida, reflejada o transmitida. Un buen indicador de estos valores es el color de la superficie. La absorción decrece y la reflexión aumenta cuanto más claro es el color, pero esto no implica su comportamiento con respecto a la radiación de onda larga, es decir, a la emisividad o el poder relativo del material de emitir energía radiante.

Así tenemos que si bien una superficie pintada de negro expuesta al sol tendrá una absorción mucho mayor que una pintada de blanco, ambos colores, de un mismo tipo de pintura, tienen idénticas emisividades en onda larga y por lo tanto es similar su capacidad de perder calor.

Conductancia de las cámaras de aire

El aire como componente de un elemento arquitectónico tiene importancia en la transmisión del calor. Dado que en las cámaras de aire el calor se transmite básicamente por convección y radiación, su importancia va a estar determinada por su espesor, su posición y la dirección del flujo calórico, lo cual generará un mayor o menor proceso convectivo, y de las características de las superficies que la contienen, de cuyas emisividades va a depender la cantidad de calor transmitida por radiación.

Transparencia

La diferente transparencia a la radiación de distintas longitudes de onda se manifiesta en la envolvente, que usualmente está compuesta por dos tipos de materiales: opacos y transparentes. Las ventanas u otros elementos vidriados presentan la característica de ser transparentes a la radiación solar, dependiendo su grado de las características del vidrio.

Los vidrios comunes dejan pasar aproximadamente un 85% de la radiación incidente. Pero el comportamiento del vidrio es diferente para la radiación de onda larga, frente a la cual se comporta como una barrera. Por lo tanto permite el ingreso de la radiación solar (onda corta) pero dificulta la salida del calor interno radiado por paredes y pisos (onda larga)

Los valores correspondientes a las características descriptas de los materiales pueden obtenerse en abundante bibliografía sobre el tema, especialmente en las Normas IRAM sobre Acondicionamiento térmico de edificios y en referencias: (Gonzalo G.E.,1986) y (Evans J.M.,1980)

PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS

Estas características de los materiales permiten calcular las propiedades térmicas de los elementos de la envolvente que determinan la forma en que éstos modifican las condiciones interiores.

Las principales modificaciones que producen son cambios en la amplitud de variación y el tiempo de ocurrencia de las temperaturas máximas y mínimas interiores.

Transmitancia

Rara vez un elemento constructivo está compuesto de un solo material. Generalmente está compuesto de varias capas y la cantidad de calor que transmita el aire de un lado, al aire del otro lado, es función de la conductividad y el espesor de los materiales que lo componen; de las características reflectivas de dichos materiales, de la resistencia de la/s cámara/s de aire y de las capas de aire adyacentes a las superficies internas y externas.

Estas últimas disminuyen cuando se incrementa la velocidad del aire y se conocen como resistencia superficial interna y externa. Por lo tanto la transmitancia total de un elemento compuesto puede calcularse según la fórmula:

$$K = \frac{1}{Rse + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + \ldots + e_n/\lambda_n + Rca + Rsi}$$

Siendo:

K = Coeficiente de transmisión térmica. [W/m^2 K]

Rse = Resistencia superficial exterior. [m^2 K/W]

Rsi = Resistencia superficial interior. [m^2 K/W]

Rca = Resistencia de cámara /s de aire. [m^2 K/W]

e_1, e_2, e_n = Espesores de las distintas capas. [m]

λ_1, λ_2, λ_n = Conductividad térmica de las capas. [W/m K]

Este valor indica la cantidad de calor transmitido por el elemento por hora, por la unidad de superficie y por la diferencia unitaria de temperatura. La cantidad de calor que pasa por todo el elemento será entonces igual al producto de la transmitancia por el área total del elemento y por la diferencia entre la temperatura exterior y la interior.

$$Q = K * S * (te - ti)$$

Siendo:

Q = Carga térmica total del elemento.[W]

S = Superficie del elemento. [m^2]

te = Temperatura del aire exterior. [ºC]

ti = Temperatura del aire interior. [ºC]

En el caso de incidencia directa de la radiación solar sobre la superficie considerada, se adopta un valor de temperatura exterior que expresa el efecto combinado de la radiación solar y las condiciones del aire ambiente, con lo cual la expresión anterior se modifica:

$$Q = K * S * (tsa - ti)$$

siendo:

tsa = Temperatura sol-aire. [ºC]

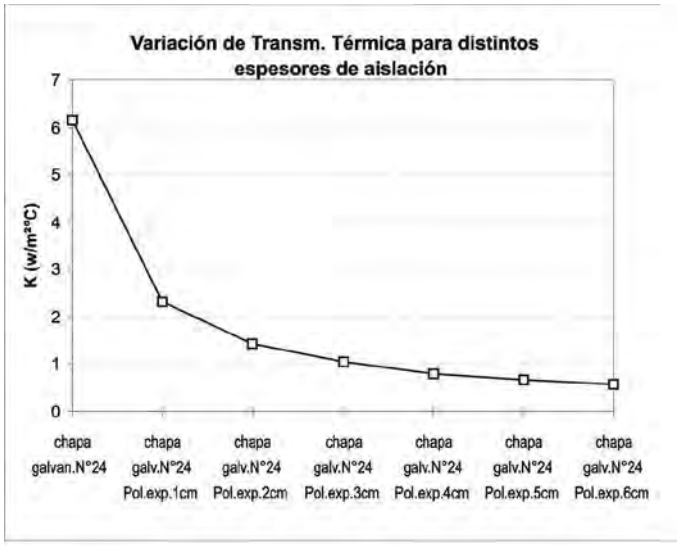


Fig. 8.1 Variación de los coeficientes K de transmitancia térmica.

Se muestra en esta gráfica que una vez sobrepasado determinado valor, el incremento del espesor de la aislación disminuye poco la transferencia de calor.

Sin embargo, en estudios realizados que consideran el gasto energético para la vida útil total de un edificio, estas pequeñas diferencias asumen valores significativos. (Gonzalo G.E., 1999)

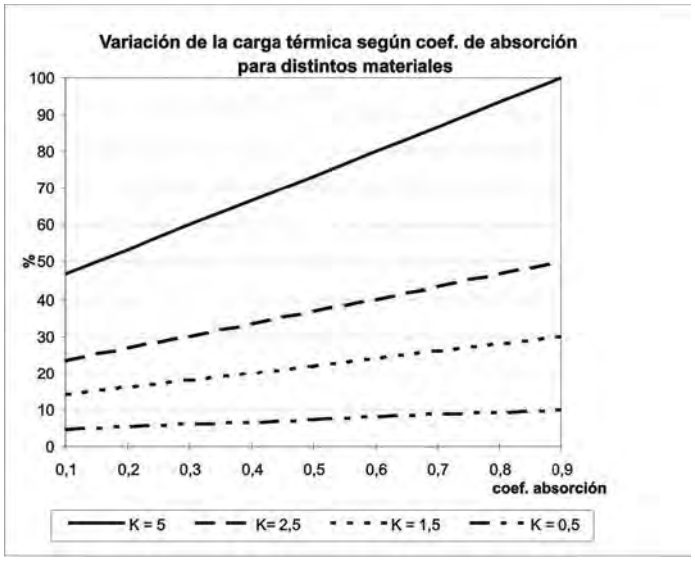


Fig. 8.2 Variación de la carga térmica según coeficiente de absorción de la radiación solar de la superficie exterior.

Observamos en la gráfica que a medida que es mayor el coeficiente de transmitancia térmica, más grande es la influencia del color de la superficie exterior, expuesta a la radiación solar.

La temperatura sol-aire incluye tres temperaturas componentes:

1.- la del aire exterior (te).

2.- la fracción de radiación solar absorbida por la superficie en la cual incide.

3.- intercambio de calor por radiación de onda larga con el medio ambiente.

$$tsa = te + \alpha * Ir * Rse - (trm - te) * Cer * Rse$$

Siendo:

Ir = intensidad de la radiación solar total incidente sobre la superficie. [W/m^2]

trm = temperatura radiante media de los alrededores.

Cer = coeficiente superficial externo de radiación.

Para evitar tener que hacer una estimación de los valores de temperatura radiante media de los alrededores y del coeficiente superficial externo de radiación se pueden asumir valores constantes para las pérdidas de temperatura debida a la radiación de onda larga al cielo, adoptándose un valor de -4 para superficies horizontales y de -2 para verticales; o bien se puede calcular con la fórmula más simplificada:

$$tsa = te + \alpha * Ir * Rse - (5*(\cos\beta + 1) / 2$$

siendo:

β = ángulo de inclinación de la superficie con respecto a la horizontal.

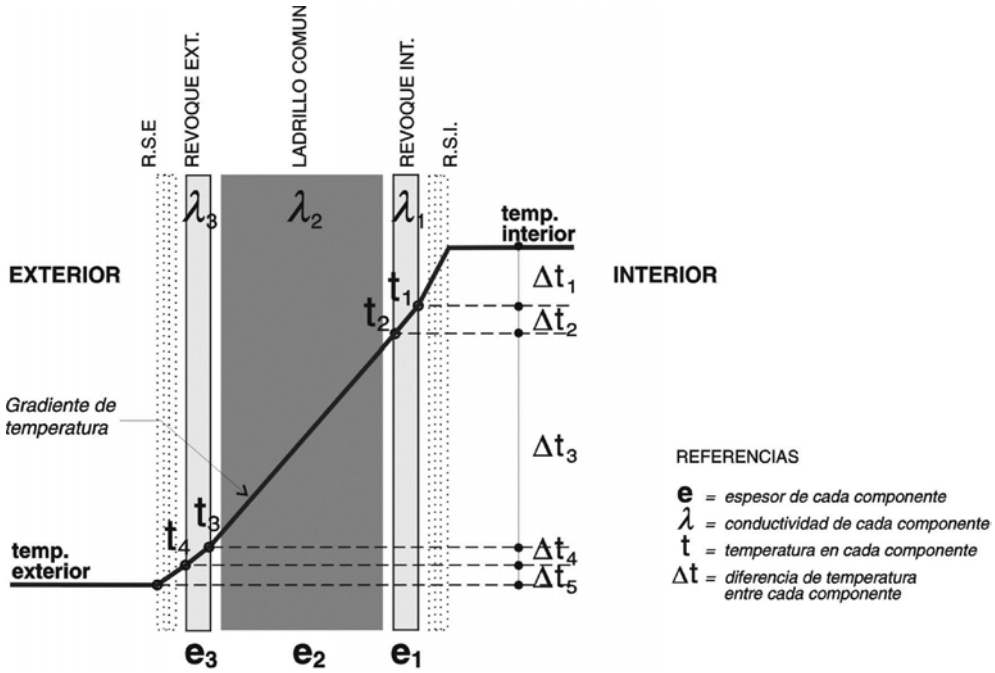


Fig. 8.3 Esquema de transferencia térmica en pared compuesta.

RETARDO

Se entiende por retardo a la diferencia de tiempo entre los incrementos o decrecimientos de la temperatura de la superficie externa y los cambios correspondientes en la superficie interna. Aumentando el espesor y la capacidad calórica del elemento y disminuyendo la conductividad de los materiales se disminuye la amplitud de la onda interna y se aumenta el retardo.

Se pueden obtener buenos resultados combinando materiales livianos de baja capacidad calórica con materiales pesados de alta capacidad calórica. El cálculo de este factor puede hacerse utilizando el concepto de la constante de tiempo térmico (CTT), que es el efecto combinado de la capacidad calorífica y la conductividad del elemento, expresando la difusividad equivalente de un paramento multicapa. (Raychoudhury B.C.,1965); (Chaudhury N.K.D.,1964); (Hoffman M.E., 1976).

Este valor se obtiene en horas y se define como la proporción Q/K del paramento, donde Q es el calor almacenado en el material y K el calor transmitido, dando una indicación del tiempo que demora en producirse un cambio de temperatura en el interior de un elemento en relación con un cambio de la temperatura del aire exterior. Se calcula según la fórmula:

$$CTT = Q / K$$

$$Q/K = Q_1 / K_1 + Q_2 / K_2 + \ldots + Q_n / K_n$$

Siendo:

$Q_1/K_1, Q_2/K_2, Q_n/K_n$= constantes térmicas

de tiempo de las distintas capas, desde el exterior al interior.

1ª CAPA

$Q_1/K_1 = (Rse+e_1/\lambda_1*2)*(e_1*C_1*\delta_1)$

2ª CAPA

$Q_2/K_2=(Rse+e_1/\lambda_1+e_2/\lambda_2*2) * (e_2*C_2*\delta_2)$

3ª CAPA

$Q_3/K_3 = (Rse+e_1/\lambda_1+e_2/\lambda_2+e_3/\lambda_3*2) * (e_3*C_3*\delta_3)$

siendo:

Rse: resistencia superficial exterior. [m^2 K/W]

e_n: espesor de la capa. [m]

C_n: calor específico. [J/Kg K]

δ_n: densidad específica. [Kg/m^3]

λ_n: conductividad térmica. [W/m K]

Este valor para capas delgadas o de bajo calor específico es despreciable, pero en elementos compuestos estas capas afectan el flujo calórico en las siguientes y por lo tanto deben ser tomadas en cuenta en el cálculo.

Con el valor de la constante de tiempo térmico puede determinarse el retardo y amortiguamiento por gráficas experimentales. (Evans J.M., 1980); (Koenisberger O.H. y otros, 1977); (Givoni B., 1976)

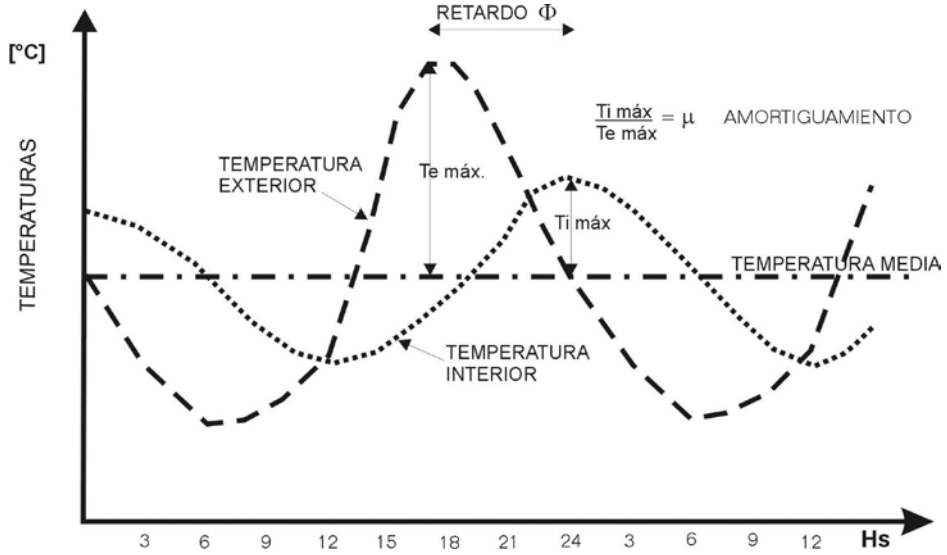


Fig. 8.4 Representación gráfica del tiempo de retardo y amortiguamiento.

FACTOR DE DECREMENTO

El factor de decremento o amortiguamiento de la onda térmica, para el caso de flujo periódico de calor, expresa la reducción del paso del mismo en comparación con el flujo de calor que ocurriría en régimen estacionario. (Evans J.M., 1980). Tenemos entonces:

$$Q_P = K * S * [(T_m - T_i) + \mu * (T_{eha} - T_m)]$$

siendo:

Q_P = flujo de calor en condiciones de periodicidad.

μ = factor de decremento (de gráficas).

T_{eha} = temperatura exterior con ocurrencia n horas antes, de acuerdo con el valor del retardo térmico.

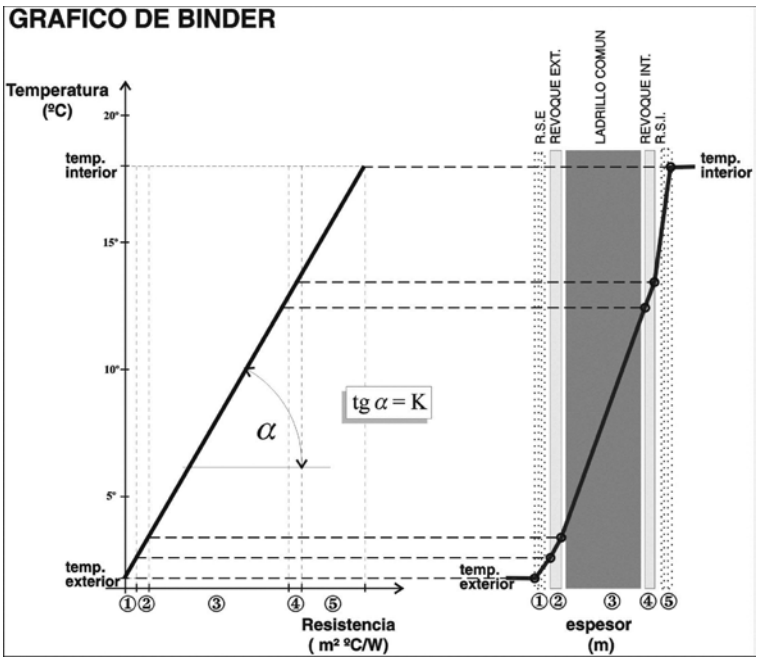
T_m = temperatura exterior media o sol-aire media.

TRANSMITANCIA TÉRMICA. MÉTODO GRÁFICO

Se puede determinar mediante métodos gráficos los gradientes térmicos que se producen en cada una de las capas de un muro compuesto, lo cual es útil para verificar la posibilidad de que exista condensación de vapor de agua en alguna de estas capas, como veremos más adelante. La representación gráfica permite, además, visualizar rápidamente la distribución de las temperaturas en cada una de las capas y por lo tanto seleccionar aquellas cuyo objetivo primordial será la de actuar como aislantes térmicos y las que cumplirán la función de acumuladores de calor.

En el sector izquierdo del gráfico se colocan los valores de resistencias térmicas en una escala adoptada al efecto, marcando la temperatura interior y la exterior de Normas IRAM para la localidad de trabajo. La unión de estos dos puntos nos da el valor de transmitancia térmica K como la pendiente de esta recta.

A la derecha del gráfico se colocan en escala los espesores reales de las distintas capas del muro o techo, encontrando entonces las temperaturas que vamos a tener en cada una de las capas.



Nº	materiales	espesor (m)	resistencia (m² ºC/W)
1	Resist. sup. ext.		0.043
2	Revoque exterior	0.025	0.022
3	Ladrillo común	0.30	0.33
4	Revoque interior	0.025	0.022
5	Resist. sup. int.		0.16

Fig. 8.5 Gradientes de temperaturas de un muro de ladrillos comunes.

NORMAS RELACIONADAS CON LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

El arquitecto encuentra normalmente en su actuación profesional, sobre todo si debe preparar documentación para viviendas que sean apoyadas económicamente por una entidad crediticia oficial, que debe cumplir con una serie de normas del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) relacionadas con la habitabilidad en los edificios.

Entre ellas la norma IRAM 11601 (IRAM 11601, 1996) establece el mecanismo de cálculo que se debe aplicar para obtener el coeficiente de transmitancia térmica K, determinándose luego su verificación experimental en las normas IRAM 11559 y 11564. (IRAM 11559, 1994) (IRAM11564, 1995).

La Norma 11625 (IRAM 11625, 1991) verifica el riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en muros y techos de edificios, relacionando sus valores con las Normas 11601 y 11603. (IRAM 11603, 1996)

La Norma 11604 (IRAM 11604,1997) establece las condiciones de habitabilidad para invierno en viviendas, con el procedimiento para el cálculo del coeficiente volumétrico global G de transmisión térmica, aplicable a solo algunas zonas climáticas.

La Norma IRAM 11605 (IRAM 11605, 1996) nos dará, según la zona climática que se considere, el valor máximo que puede tener el coeficiente de transmitancia térmica K calculado, para las distintas orientaciones de muros y para los techos.

Cálculo de la transmitancia térmica

Para realizar este cálculo se aplican los procedimientos indicados en las normas IRAM citadas, pudiéndose realizar en forma manual, tal como lo indican las normas, o bien mediante los soportes lógicos desarrollados al efecto mediante planilla electrónica de cálculo.

Todos los elementos que componen la envolvente exterior del edificio, deberán presentar coeficientes de transmisión térmica (K), inferiores a los valores máximos admisibles, para el nivel de confort higrotérmico C (o mínimo), para la situación verano e invierno, establecidos de acuerdo a la zona bioclimática.

En caso que las superficies de la envolvente no presenten características homogéneas (por ejemplo presencia de elementos de la estructura, puertas, ventanas, etc.), deberá realizarse el proceso de verificación del valor medio ponderado de transmitancia térmica,

entre todos los elementos que integran el paramento exterior analizado, caso que veremos más adelante, cuando analicemos la verificación de la transmitancia térmica mediante un programa de computación.

Fig. 8.6 Caja Caliente del Laboratorio de Habitabilidad, Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU-UNT.

Ejemplo de cálculo según Normas IRAM 11601

Para ejemplificar el cálculo, seleccionamos un tipo de techo y pared que son comunes para la construcción de estos elementos en nuestro medio.

El techo es de losa de hormigón armado, con un cielorraso aplicado de yeso y con un fieltro saturado con asfalto en su cara exterior para protección hidrófuga, luego poliestireno expandido y un contrapiso de pendiente de hormigón con perlita para aislación térmica, terminando al exterior con una mezcla de asiento y baldosas comunes.

Para el muro seleccionamos una pared de ladrillos comunes con revoque exterior, rústico y fino, sobre azotado cementicio y revoques comunes rústico y fino al interior.

El cálculo de los coeficientes de transmitancia térmica de ambos elementos y su comparación con normas se muestran a continuación.

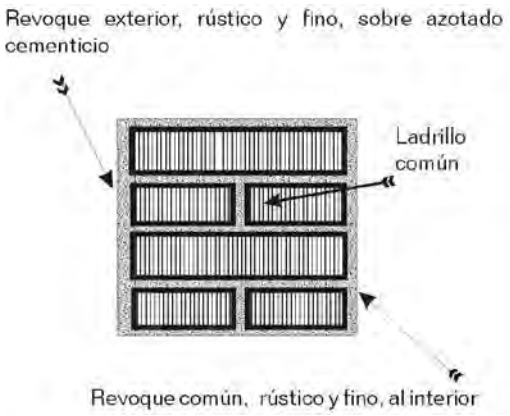


Fig. 8.7 Tipo de muro seleccionado.

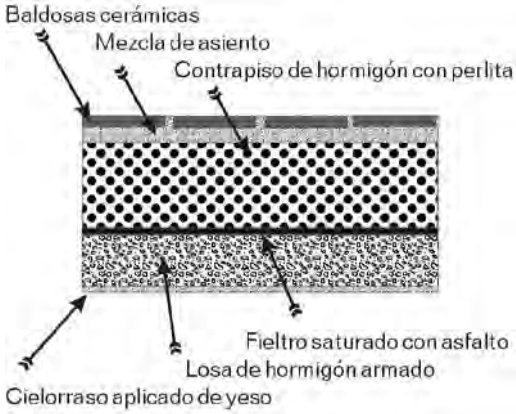


Fig. 8.8 Tipo de techo seleccionado.

Debemos destacar que si bien esta verificación es la exigida por algunas instituciones del Estado, lo adecuado sería calcular el coeficiente de transmitancia térmica medio ponderado de todos los paramentos que componen el cerramiento, ya que la verificación de un muro aislado de la pared que integra puede cumplir con las normas y no hacerlo cuando se incluyen los otros elementos que componen la misma: estructura de hormigón, dinteles, ventanas, puertas, etc. (Martinez C.F., Gonzalo G.E., 2001)

En las próximas páginas resumimos el cálculo indicado por las normas para la determinación del coeficiente de transmitancia térmica y comparación con valores máximos de normas, en sendas tablas que fueron construidas con la finalidad de facilitar y ordenar el procedimiento de cálculo y verificación de este coeficiente.

Para la presentación de proyectos en entidades oficiales, como es el caso del Instituto Provincial de la Vivienda, este cálculo es obligatorio y debe ser aprobado en las licitaciones públicas. De allí su importancia y

que se lo incluya aquí como guía. Se aconseja además realizar el cálculo del K medio ponderado, utilizando el procedimiento que se indica en apéndices, por lo expresado anteriormente.

Además de estas planillas se agregan otras, en apéndices, donde se encuentran las características térmicas más importantes para los techos y paredes de mayor uso en nuestro medio.

PLANILLA DE CÁLCULO MANUAL DE NORMA IRAM 11601

Para el llenado de esta planilla se sigue el siguiente procedimiento (referencias a la planilla):

(1) Proyecto: se indica el proyecto en el cual se utiliza el elemento constructivo a calcular.

(2) Elemento: se identifica el elemento constructivo, indicando si es muro o techo y sus características constructivas.

(3) Época del año: se indica si la época del año para el cálculo es verano o invierno. Para el caso de muros, salvo excepciones, el cálculo para verano o invierno es el mismo, no así en techos.

Se deben verificar ambas situaciones para las zonas climáticas I a IV, y solamente la condición de invierno para zonas V y VI.

(4) Flujo de calor: se indica si el flujo de calor es horizontal (caso de muros), ascendente (caso de techos para la situación de invierno) o descendente (techos en verano).

(5) Zona bioambiental: se determina la zona y sub-zona ambiental en donde se ubica el proyecto, según Norma IRAM 11603 y apéndice 2.

(6) Capa del elemento constructivo: se indica del 1 al 10, desde el exterior al interior, los materiales que conforman las distintas capas que conforman el elemento constructivo.

(7) Resistencia superficial exterior [Rse]: se adopta el valor en [m^2 K/W] indicado en tabla 2 de Norma Iram 11601 y apéndice 2.

(8) Espesor [e]: se indica el valor en metros [m] de cada una de las capas.

(9) Conductividad térmica [λ]: se indica el valor en [W/m K] de Norma Iram 11601 y apéndice 2. No se incluye en esta columna los valores cuando se trata de cámaras de aire o forjados con ladrillos huecos, cuyos valores de resistencia térmica se adoptan directamente de la Norma 11601.

Tampoco se incluyen capas de muy poco espesor, que tienen una influencia mínima en la resistencia térmica, como es el caso de barreras de vapor, láminas de polietileno o aluminio, etc.

(10) Resistencia térmica [R]: para el caso de capas homogéneas el valor de resistencia térmica en [m^2 K/W] surge de multiplicar el espesor (8) por la conductividad térmica (9).

Para los forjados con ladrillos huecos se toman los valores de Norma IRAM 11601, calculándose la resistencia térmica total (1/K) y restando las resistencias superficiales exterior e interior. De la misma norma o de apéndice 2 se determinan las resistencias de la/s cámara/s de aire.

(11) Densidad [ρ]: se adopta el valor de Norma IRAM 11601 o de apéndice 2.

(12) Masa unitaria [M]: se calcula, para cada capa, la masa por unidad de superficie en [Kg/m^2], multiplicando el espesor (8) por la densidad (11). En el caso de forjados de ladrillos huecos se adoptan los valores de norma IRAM 11601 o se calculan considerando los distintos materiales que lo componen.

(13) Resistencia superficial interior [Rsi]: se indica el valor en [m^2 K/W] de norma IRAM 11601 o de apéndice 2, según el sentido del flujo de calor.

(14) Suma de espesores: se indica el valor en [m] de la suma de los espesores de la columna, obteniéndose el espesor total del elemento.

(15) Suma de resistencias térmicas: se indica el valor en [m^2 K/W] correspondiente a la suma de las resistencias térmicas de la columna, obteniéndose la resistencia térmica total del elemento.

(16) Suma de las masas unitarias: se indica el valor en [Kg/m^2] correspondiente a la suma de las masas por unidad de superficie de la columna, obteniéndose la masa unitaria total.

(17) Transmitancia térmica del elemento [K]: se calcula como la inversa de la resistencia térmica total (15), según K = 1 / Rt, en [W/m^2 K].

(18) Transmitancia térmica máxima admisible [K máx. adm.]: se indica el valor correspondiente a la época del año y al nivel de confort higrotérmico adoptado (medio, mínimo o recomendado) de norma IRAM 11605 o de apéndice 2, en [W/m^2 K].

(19) Se compara el valor de transmitancia térmica calculado (17) con el admisible (18). En caso de ser menor se indica SI (lo que representa que el elemento cumple con la norma) o en su defecto NO, lo que demandará realizar un nuevo cálculo modificando las características adoptadas para el elemento.

(20) Comentarios o cálculos suplementarios: aquí se pueden agregar observaciones sobre las variables contempladas en la planilla, presentar cálculos suplementarios (caso de forjados, puentes térmicos, cámaras de aire, etc.)

Tabla 8.1 Planilla para el cálculo manual del coeficiente de transmitancia térmica K, según Normas IRAM 11601. Ejemplo de cálculo de un muro de ladrillos comunes revocados.

Planilla de cálculo Normas IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA				
PROYECTO (1)	Ejemplo de cálculo de un muro				
ELEMENTO (2)	MURO EXTERIOR EN S.M. DE TUCUMAN				
ÉPOCA DEL AÑO (3)	Verano	FLUJO DE CALOR (4)			Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL (5)	San Miguel de Tucumán, zona 2b				
Capa del elemento constructivo (6)	e (8)	λ (9)	R (10)	ρ (11)	M (12)
	mm	W/m K	m^2 K/W	Kg/m^3	Kg/m^2
Resistencia superficial exterior (7)			0.040		
1: REVOQUE INTERIOR	0.0250	0.930	0.027	1900	47.5
2: LADRILLO COMÚN	0.2800	0.810	0.346	1600	448.0
3: REVOQUE EXTERIOR	0.0250	1.160	0.022	2000	50.0
4:					
5:					
6:					
7:					
8:					
9:					
10:					
Resistencia superficial interior (13)			0.130		
TOTAL	(14) 0.330		(15) 0.564		(16) 545.5
Transmitancia térmica del componente [W/m^2 K]			(17) 1.77		
Transmitancia térmica de acuerdo con la norma IRAM 11605 [W/m^2 K] (VALOR MÍNIMO)			(18) 1.80	Cumple con norma IRAM 11605 (19): SI/NO	SI
Comentarios y cálculos suplementarios (20)					

Tabla 8.2 Planilla para el cálculo manual del coeficiente de transmitancia térmica K, según Normas IRAM 11601. Ejemplo de cálculo de un techo de losa de hormigón armado.

Planilla de cálculo Normas IRAM 11601	CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA				
PROYECTO (1)	Ejemplo de cálculo de un techo				
ELEMENTO (2)	TECHO DE LOSA DE HORMIGON ARMADO				
ÉPOCA DEL AÑO (3)	Verano	FLUJO DE CALOR (4)			Descend.
ZONA BIOAMBIENTAL (5)	San Miguel de Tucumán, zona 2b				
Capa del elemento constructivo (6)	e (8)	λ (9)	R (10)	ρ (11)	M (12)
	mm	W/m K	m^2 K/W	Kg/m^3	Kg/m^2
Resistencia superficial exterior (7)			0,040		
1: BALDOSA CERÁMICA	0.0150	0.700	0.021	1900	28.5
2: MEZCLA DE ASIENTO	0.0250	1.160	0.022	1900	47.5
3: HORMIGÓN CON PERLITA	0.2000	0.120	1.667	400	80.0
4: FIELTRO SATURADO	0.0070	0.700	0.010	2000	14.0
5: LOSA DE HORMIGÓN ARMADO	0.1000	1.400	0.071	2200	220.0
6: YESO APLICADO	0.0150	0.700	0.021	1400	21.0
7:					
8:					
9:					
10:					
Resistencia superficial interior (13)			0.170		
TOTAL	(14) 0.362		(15) 2.023		(16) 411
Transmitancia térmica del componente [W/m^2 K]			(17) 0.49		
Transmitancia térmica de acuerdo con la norma IRAM 11605 [W/m^2 K] (VALOR MÍNIMO)			(18) 0.58	Cumple con norma IRAM 11605 (19): SI/NO:	SI
Comentarios y cálculos suplementarios (20)					

VALORES MEDIOS PONDERADOS

Cuando el cerramiento esté compuesto por distintos elementos (por ejemplo: distintos tipos de materiales en el muro, elementos de la estructura) debe confeccionarse una planilla (Tabla 8.1 ó 8.2) para cada uno de ellos, y luego verificar el valor de transmitancia térmica medio ponderado con la planilla de figura 8.9.

En esta planilla deben ingresarse los siguientes datos:

Componentes: se deben enunciar los distintos componentes que constituyen parte del cerramiento, como por ejemplo ventanas, muros, vigas o columnas entre otros.

Superficie: en esta columna se indica la superficie de cada componente del cerramiento.

Transmitancia térmica: es esta columna se indica el valor de transmitancia térmica de cada componente, los cuales se obtienen de las tablas anteriores. Para el caso de ventanas los valores de transmitancia térmica se obtienen de la tabla del apéndice 2.

K medio ponderado: en esta fila se obtiene el valor medio ponderado mediante la ecuación:

$$Kmp = \frac{\sum (Kn \times Sn)}{St}$$

Kmp: transmitancia térmica media ponderada.

Kn: transmitancia térmica de cada componente.

Sn: superficie de cada componente.

St: superficie total del cerramiento.

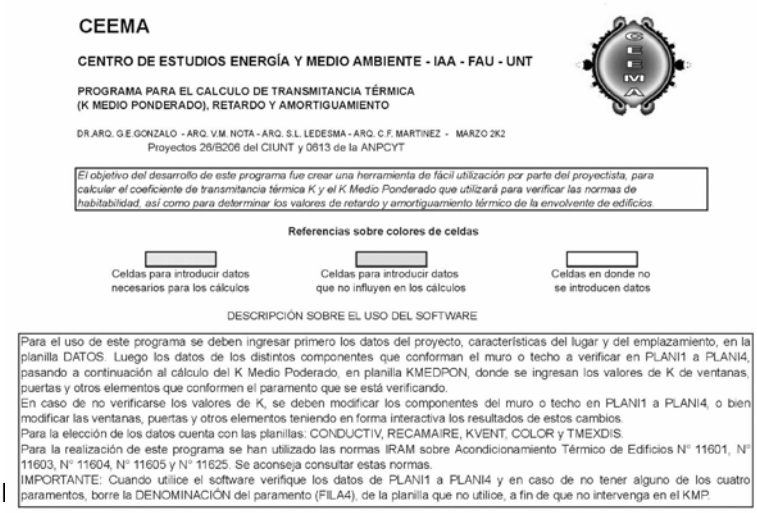
K máximo admisible: con el mismo procedimiento que el explicado para las tablas 8.1 y 8.2, se obtienen los valores de K máximos admisibles, indicando en la celda de verificación si el K medio ponderado cumple o no con el valor máximo admisible.

COMPONENTES				Superficie (m^2)	K (W/m^2 ºC)
1.					
2.					
3.					
4.					
$Kmp = \frac{\sum (Kn \times Sn)}{Stot.}$	Kmp =				
K máximo admisible (m^2ºC/W)	Mínimo	Invierno:		Verifica:	
		Verano:		Verifica:	
	Recomendado	Invierno:		Verifica:	
		Verano:		Verifica:	
	Ecológico	Invierno:		Verifica:	
		Verano:		Verifica:	

Fig. 8.9 Modelo de la planilla para la verificación de transmitancia térmica en elementos heterogéneos.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO POR PROGRAMA DE COMPUTACIÓN

Con fines de facilitar los cálculos anteriores y determinar para los muros y techos las propiedades termofísicas en cuanto al peso unitario, transmitancia térmica, retardo, amortiguamiento y constante térmica de tiempo para las condiciones de verano (calor proveniente del exterior) e invierno (del interior), se ha desarrollado un soporte lógico, el programa CEEMAKMP.xls, el cual se basa en la metodología de cálculo de las Normas IRAM vigentes, el cual se encuentra en el disco adjunto. Se muestra a continuación un ejemplo de cálculo mediante planilla electrónica y software desarrollado al efecto. (Gonzalo G.E., 1989) (Gonzalo G.E.y otros (2000).


CEEMA

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA
(K MEDIO PONDERADO), RETARDO Y AMORTIGUAMIENTO

DR.ARQ. G.E.GONZALO - ARQ. V.M. NOTA - ARQ. S.L. LEDESMA - ARQ. C.F. MARTINEZ - MARZO 2K2
Proyectos 26/B206 del CIUNT y 0613 de la ANPCYT

El objetivo del desarrollo de este programa fue crear una herramienta de fácil utilización por parte del proyectista, para calcular el coeficiente de transmitancia térmica K y el K Medio Ponderado que utilizará para verificar las normas de habitabilidad, así como para determinar los valores de retardo y amortiguamiento térmico de la envolvente de edificios.

Referencias sobre colores de celdas

Celdas para introducir datos necesarios para los cálculos

Celdas para introducir datos que no influyen en los cálculos

Celdas en donde no se introducen datos

DESCRIPCIÓN SOBRE EL USO DEL SOFTWARE

Para el uso de este programa se deben ingresar primero los datos del proyecto, características del lugar y del emplazamiento, en la planilla DATOS. Luego los datos de los distintos componentes que conforman el muro o techo a verificar en PLANI1 a PLANI4, pasando a continuación al cálculo del K Medio Poderado, en planilla KMEDPON, donde se ingresan los valores de K de ventanas, puertas y otros elementos que conformen el paramento que se está verificando.
En caso de no verificarse los valores de K, se deben modificar los componentes del muro o techo en PLANI1 a PLANI4, o bien modificar las ventanas, puertas y otros elementos teniendo en forma interactiva los resultados de estos cambios.
Para la elección de los datos cuenta con las planillas: CONDUCTIV, RECAMAIRE, KVENT, COLOR y TMEXDIS.
Para la realización de este programa se han utilizado las normas IRAM sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios N° 11601, N° 11603, N° 11604, N° 11605 y N° 11625. Se aconseja consultar estas normas.
IMPORTANTE: Cuando utilice el software verifique los datos de PLANI1 a PLANI4 y en caso de no tener alguno de los cuatro paramentos, borre la DENOMINACIÓN del paramento (FILA4), de la planilla que no utilice, a fin de que no intervenga en el KMP.

Fig.8.10 Pantalla de ingreso y descripción del software (INTRO).

Para utilizar el programa se deberá tener instalado el software Microsoft Excel® en la versión incluida en Office 2000. El programa incluye una pantalla de presentación (figura anterior) y luego seis hojas en donde se puede introducir información: “Datos”, “Planilla1 a Planilla 4” y “KMEDPON”.

Además, a modo de apéndices, se incluyen cinco planillas en donde se muestran valores y coeficientes que son necesarios para llenar las hojas anteriores.

En las distintas hojas de cálculo que integran el software se han dejado celdas que pueden ser modificadas libremente y otras que no pueden ser modificadas (a efectos de que por un error no se modifique el programa).

Se adoptó un código de colores para identificar las celdas: amarillo claro para celdas donde se introducen datos, verde claro para aquellas en donde la introducción de datos es optativa y en blanco para las celdas que no pueden modificarse.

Descripción de las hojas de cálculo

INTRO: Esta es una hoja introductoria y descriptiva, donde se expresa el objetivo general del programa y una breve descripción del software.

DATOS: En esta hoja se introducen algunos valores en forma optativa:

OBRA: descripción de la obra.

SITUACIÓN: domicilio de la obra.

OPERADOR: nombre del autor del cálculo.

FECHA: fecha en que se realiza el cálculo.

NOMBRE DE LA LOCALIDAD: lugar de emplazamiento de la obra.

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: altura en metros.

DESCRIPCIÓN: es la descripción del paramento completo, luego, en cada planilla, se describirán cada uno de los componentes.

Los otros valores son indispensables para los cálculos:

ZONA BIOAMBIENTAL: conforme a la clasificación bioambiental de Normas IRAM, se debe introducir el número: 1, 2, 3, 4, 5 o 6.

TIPO DE CERRAMIENTO: debido al proceso de selección de los coeficientes de transmitancia térmica de normas, se debe introducir “M” para muros y “T” para techos.

Resistencia de cámara de aire invierno y verano: se toman los valores de norma IRAM 11601, que se muestran además en la hoja RECA y en tabla más abajo. Se deben elegir los valores según la condición que más se aproxime a la situación real. En primer lugar si la cámara tiene superficies de mediana o alta emitancia (es el caso de la mayoría de los materiales), salvo en caso como cuando se usa una película de aluminio, por ejemplo, en cuyo caso se considera su baja emitancia.

Luego, según el espesor, y la dirección del flujo de calor se determina el valor de resistencia térmica de la cámara de aire. La dirección horizontal se adopta para los muros y la ascendente para el caso de invierno en techos y descendente para el verano.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

OBRA:	EJEMPLO DE APLICACION
SITUACION:	EDIFICIO EN S.M.DE TUCUMAN
OPERADOR:	CEEMA-IAA-FAU-UNT
FECHA:	07/07/02

CARACTERISTICAS DEL LUGAR	UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Nombre de la localidad:		S.M.de TUCUMAN	
Altura sobre el nivel del mar: (x)	m	426	*VER PLANILLA TMEDIS*
Zona bioambiental: (x)		2	*INGRESAR: 1, 2, 3, 4, 5 ó 6*
Tipo de cerramiento:		M	*MURO = M - TECHO = T*
Temperatura exterior de diseño - invierno (x)	ºC	3.1	*VER PLANILLA TMEDIS*

CARACTERISTICAS DEL CERRAMIENTO	UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Descripción:	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA		
Resistencia de cámara de aire invierno:	m^2.K/W	0.170	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia de cámara de aire verano:	m^2.K/W	0.170	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial interior invierno:	m^2.K/W	0.130	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial interior verano:	m^2.K/W	0.130	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial exterior invierno:	m^2.K/W	0.040	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial exterior verano:	m^2.K/W	0.040	*VER PLANILLA RECA*

(x) Para Tucumán, ver libro "Habitabilidad en edificios" y planilla TMEDIS. Para otras zonas remitirse a Normas IRAM.

Fig.8.11 Pantalla de ingreso de los datos generales para el cálculo (DATOS).

TABLA 8.3: Resistencia térmica de cámaras de aire no ventiladas, en las cuales las medidas superficiales son mucho mayores que el espesor (Norma IRAM 11601, 1996)

ESTADO DE LAS SUPERFICIES DE LA CAMARA DE AIRE	ESPESOR DE LA CAPA DE AIRE mm	RESISTENCIA TERMICA, EN m2.K/W DIRECCION DEL FLUJO DE CALOR		
		HORIZONTAL	ASCENDENTE	DESCENDENTE
SUPERFICIES DE	5	0.11	0.11	0.11
MEDIANA O ALTA	10	0.14	0.13	0.15
EMITANCIA	20	0.16	0.14	0.18
(CASO GENERAL)	50 a 100	0.17	0.14	0.21
UNA O AMBAS	5	0.17	0.17	0.17
SUPERFICIES DE	10	0.29	0.23	0.29
BAJA EMITANCIA	20	0.37	0.25	0.43
	50 a 100	0.34	0.27	0.61

PARA CAMARAS DE AIRE VENTILADAS VER NORMA IRAM 11601-1996

TABLA 8.4 Resistencias superficiales (Norma IRAM 11601, 1996)

Interior (Rsi)			Exterior (Rse)		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0.13	0.10	0.17	0.04	0.04	0.04

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

DESCRIPCION PARAMENTO	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA
DENOMINACION	PARED NORTE DOBLE DE LADRILLOS COMUNES Y HUECOS, REVOCADOS, CON CAMARA AIRE
COEF.ABS.COLOR SUP.EXT.	0.5 *VER PLANILLA COLOR* *Introducir valores solamente en celdas resaltadas*

		Verano	Invierno		VERIFICA K (C/COLOR)			
Resistencia térmica:	m2C/W	0.75	0.75		K máx.c/color		SI/NO	
Transmitancia térmica K:	W/m2C	1.34	1.34		Verano	Invierno	Verano	Invierno
	Mínimo	1.80	1.85	Mínimo	2.16	1.85	SI	SI
K MAX. NORMAS	Recom.	1.10	1.00	Recom.	1.32	1.00	NO	NO
	Ecológ.	0.45	0.38	Ecológ.	0.54	0.38	NO	NO

	C.T.T.	E.P.P.E.	Retardo	Amortig.
Ext. a Int. :	24.93	0.227	6.17	0.18
Int. a Ext. :	44.34	0.344	8.49	0.15
Peso total (Kg/m2):				389.0
Peso unitario (Kg/m3):				1318.6

Capa	Especificación	Espes. (m)	Conduc. W/m°C (Ver CONDUC)	R.Ca.ve m2°C/W	R.Ca.in m2°C/W	Peso Es. (Kg/m3)	Cap.Tér. J/Kg°C	R.T.ver m2°C/W	R.T.inv m2°C/W	Peso (Kg/m2)	R.ver/2 m2°C/W	C.T.T. ext. a Int. R.cto.ext m2°C/W	C.T.T. ext. a Int. Co.Ter. h	C.T.T. int. a ext. R.cto.ext m2°C/W	C.T.T. int. a ext. Co.Ter. h
1	R.se							0.040	0.040			0.040			
2	REVOQUE INTERIOR	0.0150	0.93			1900	1000	0.016	0.016	28.5	0.008	0.048	0.381	0.611	4.836
3	LADRILLO COMUN	0.1300	0.91			1800	1000	0.143	0.143	234.0	0.071	0.128	8.291	0.531	34.540
4	PINTURA ASFALTICA	0.0050	0.7			2000	650	0.007	0.007	10.0	0.004	0.203	0.366	0.456	0.824
5	CAMARA DE AIRE	0.0500		0.170	0.170			0.170	0.170	0.0	0.000	0.206	0.000	0.283	0.000
6	LADRILLO HUECO	0.0800	0.348			1100	920	0.230	0.230	88.0	0.115	0.491	11.044	0.168	3.775
7	REVOQUE EXTERIOR	0.0150	1.160			1900	1000	0.013	0.013	28.5	0.006	0.612	4.849	0.046	0.368
8								0.000	0.000	0.0	0.000	0.612	0.000	0.040	0.000
9								0.000	0.000	0.0	0.000	0.612	0.000	0.040	0.000
10								0.000	0.000	0.0	0.000	0.619	0.000	0.040	0.000
11	R.si		No introducir valor					0.130	0.130					0.040	
	ESPESOR TOTAL	0.295	de conductividad para cámara de aire			RES.TERM.TOT.		0.749	0.749	389.0			24.930		44.344

OBSERVACIONES:

a.

b.

c.

Fig. 8.12 Planilla de cálculo de variables termofísicas de la envolvente: PLANI1 a PLANI4. (en apéndice se muestran las tablas auxiliares para el uso del software y en disco el programa de cálculo) (Gonzalo, G.E. y V.Nota-C.Martínez, 1996)

PLANI1 a PLANI4: en estas cuatro planillas se pueden calcular los coeficientes de transmitancia térmica K para distintos elementos constructivos que integren un paramento en particular (techo o muro), el cual aparece en las celdas DESCRIPCIÓN PARAMENTO, conforme a la descripción que hayamos introducido en la hoja DATOS.

En la parte superior de cada una de estas planillas tenemos los valores de: Resistencia térmica total; Transmitancia térmica; K mínimo, recomendado y ecológico; Verificación del cumplimiento con el K de normas según el color de la superficie del elemento; Constante térmica de tiempo; Retardo; Amortiguamiento; Peso total y Peso unitario.

Los datos a ingresar en cada planilla son los siguientes:

DENOMINACIÓN: en esta celda se introduce el nombre del elemento que se va a calcular en la presente planilla.

COLOR SUP. EXTERIOR: se introduce el valor del coeficiente de absorción por color de la superficie exterior del elemento, dato que podemos obtener de la planilla COLOR del mismo software, o de apéndice 02.

ESPECIFICACIÓN: en esta columna se pueden indicar hasta nueve capas que integran el elemento. En el caso de existir cámaras de aire se las deben considerar un elemento más.

ESPESOR: se indican los espesores de cada capa, en metros.

CONDUC.: se colocan los valores de conductividad térmica de cada capa, extraídos de la hoja CONDUC del propio software o del apéndice 02. Para el caso de cámaras de aire, no se debe introducir valor alguno de conductividad, lo cual permite que el software calcule con los valores ingresados previamente en DATOS.

R.Ca.ve. y R.Ca.in.: En estas columnas no se introducen datos, ya que el programa toma las resistencias de cámara de aire para verano e invierno, que hemos establecido en DATOS.

PESO ES.: Se introducen los valores de densidad de cada capa del elemento, datos que se pueden encontrar en las hojas CONDUC del propio programa o en el apéndice 2.

CALOR ES.: Se introducen los valores de calor específico de cada capa, tomados de la hoja CONDUC o del apéndice respectivo.

Completada la hoja de cálculo PLANI1 descripta anteriormente, procedemos a llenar las otras: PLANI2, PLANI3 y PLANI4, según sea la cantidad de elementos diferenciados que integren un elementos constructivo (pared o techo). A las puertas y ventanas no se las calcula mediante estas planillas, sino que a sus valores se los toman de normas y se los incluyen directamente en la hoja KMEDPON.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

DESCRIPCION PARAMENTO	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA	
DENOMINACION	COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO	
COEF.ABS.COLOR SUP.EXT.	0.5	*VER PLANILLA COLOR* — *Introducir valores solamente en celdas resaltadas*

		Verano	Invierno		VERIFICA K (C/COLOR)			
Resistencia térmica:	m2C/W	**0.58**	**0.58**		K máx.c/color		SI/NO	
Transmitancia térmica K:	W/m2C	**1.73**	**1.73**		Verano	Invierno	Verano	Invierno
	Mínimo	1.80	1.85	Mínimo	2.16	1.85	SI	SI
K MAX. NORMAS	Recom.	1.10	1.00	Recom.	1.32	1.00	NO	NO
	Ecológ.	0.45	0.38	Ecológ.	0.54	0.38	NO	NO

	C.T.T.	E.P.P.E.	Retardo	Amortig.
Ext. a Int.	27.69	0.245	**6.67**	**0.18**
Int. a Ext.	52.65	0.388	**8.85**	**0.14**
Peso total (Kg/m2):				595.0
Peso unitario (Kg/m3):				1888.9

Ver CONDUC

Capa	Especificación	Espes. (m)	Conduc. W/m°C	R.Ca.ve m2°C/W	R.Ca.in m2°C/W	Peso Es. (Kg/m3)	Cap.Tér. J/Kg°C	R.T.ver m2°C/W	R.T.inv m2°C/W	Peso (Kg/m2)	R.ver/2 m2°C/W	C.T.T. ext. a int. R.cto.ext m2°C/W	Co.Ter. h	C.T.T. int. a ext. R.cto.ext m2°C/W	Co.Ter. h
1	R.se							0.040	0.040			0.040			
2	REVOQUE INTERIOR	0.0150	0.93			1900	1000	0.016	0.016	28.5	0.008	0.048	0.381	0.441	3.490
3	HORMIGON ARMADO	0.2000	1.4			2200	1000	0.143	0.143	440.0	0.071	0.128	15.590	0.361	44.170
4	PINTURA ASFALTICA	0.0050	0.7			2000	650	0.007	0.007	10.0	0.004	0.203	0.366	0.286	0.517
5	LADRILLO HUECO	0.0800	0.348			1100	1000	0.230	0.230	88.0	0.115	0.321	7.848	0.168	4.104
6	REVOQUE EXTERIOR	0.0150	1.160			1900	1000	0.013	0.013	28.5	0.006	0.442	3.503	0.046	0.368
7								0.000	0.000	0.0	0.000	0.442	0.000	0.040	0.000
8								0.000	0.000	0.0	0.000	0.442	0.000	0.040	0.000
9								0.000	0.000	0.0	0.000	0.442	0.000	0.040	0.000
10								0.000	0.000	0.0	0.000	0.449	0.000	0.040	0.000
11	R.si							0.130	0.130					0.040	
	ESPESOR TOTAL	0.315				RES.TERM.TOT.		0.579	0.579	595.0					
													27.688		52.648

Fig. 8.13 y 8.14 Hojas PLANI2 y PLANI3 del ejemplo de cálculo del K medio ponderado.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

DESCRIPCION PARAMENTO	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA	
DENOMINACION	PARED OESTE DOBLE DE LAD.COMUNES Y HUECOS REVOCADOS, C/POL.EXPANDIDO	
COEF.ABS.COLOR SUP.EXT.	0.3	*VER PLANILLA COLOR* — *Introducir valores solamente en celdas resaltadas*

		Verano	Invierno		VERIFICA K (C/COLOR)			
Resistencia térmica:	m2C/W	**2.01**	**2.01**		K máx.c/color		SI/NO	
Transmitancia térmica K:	W/m2C	**0.50**	**0.50**		Verano	Invierno	Verano	Invierno
	Mínimo	1.80	1.85	Mínimo	2.16	1.85	SI	SI
K MAX. NORMAS	Recom.	1.10	1.00	Recom.	1.32	1.00	SI	SI
	Ecológ.	0.45	0.38	Ecológ.	0.54	0.38	SI	NO

	C.T.T.	E.P.P.E.	Retardo	Amortig.
Ext. a Int.	63.45	0.442	**9.26**	**0.13**
Int. a Ext.	138.66	0.700	**10.33**	**0.04**
Peso total (Kg/m2):				390.5
Peso unitario (Kg/m3):				1323.7

Ver CONDUC

Capa	Especificación	Espes. (m)	Conduc. W/m°C	R.Ca.ve m2°C/W	R.Ca.in m2°C/W	Peso Es. (Kg/m3)	Cap.Tér. J/Kg°C	R.T.ver m2°C/W	R.T.inv m2°C/W	Peso (Kg/m2)	R.ver/2 m2°C/W	C.T.T. ext. a int. R.cto.ext m2°C/W	Co.Ter. h	C.T.T. int. a ext. R.cto.ext m2°C/W	Co.Ter. h
1	R.se							0.040	0.040			0.040			
2	REVOQUE INTERIOR	0.0150	0.93			1900	1000	0.016	0.016	28.5	0.008	0.048	0.381	1.869	14.800
3	LADRILLO COMUN	0.1300	0.91			1800	1000	0.143	0.143	234.0	0.071	0.128	8.291	1.790	116.347
4	PINTURA ASFALTICA	0.0050	0.7			2000	650	0.007	0.007	10.0	0.004	0.203	0.366	1.715	3.096
5	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.0500	0.035			30	650	1.429	1.429	1.5	0.714	0.920	0.249	0.997	0.270
6	LADRILLO HUECO	0.0800	0.348			1100	920	0.230	0.230	88.0	0.115	1.750	39.348	0.168	3.775
7	REVOQUE EXTERIOR	0.0150	1.160			1900	1000	0.013	0.013	28.5	0.006	1.871	14.812	0.046	0.368
8								0.000	0.000	0.0	0.000	1.871	0.000	0.040	0.000
9								0.000	0.000	0.0	0.000	1.871	0.000	0.040	0.000
10								0.000	0.000	0.0	0.000	1.878	0.000	0.040	0.000
11	R.si							0.130	0.130					0.040	
	ESPESOR TOTAL	0.295				RES.TERM.TOT.		2.008	2.008	390.5					
													63.447		138.657

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

DESCRIPCION PARAMENTO	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA	
DENOMINACION	DINTELES EN VENTANAS Y PUERTAS	
COEF.ABS.COLOR SUP.EXT.	0.5	*VER PLANILLA COLOR*

Introducir valores solamente en celdas resaltadas

		Verano	Invierno		VERIFICA K (C/COLOR)			
					K máx.c/color		SI/NO	
Resistencia térmica:	m2C/W	**0.40**	**0.40**		Verano	Invierno	Verano	Invierno
Transmitancia térmica K:	W/m2C	**2.51**	**2.51**					
	Mínimo	1.80	1.85	Mínimo	2.16	1.85	NO	NO
K MAX. NORMAS	Recom.	1.10	1.00	Recom.	1.32	1.00	NO	NO
	Ecológ.	0.45	0.38	Ecológ.	0.54	0.38	NO	NO

	C.T.T.	E.P.P.E.	Retardo	Amortig.
Ext. a Int. :	29.17	0.254	**6.95**	**0.17**
Int. a Ext. :	28.60	0.251	**6.86**	**0.17**
Peso total (Kg/m2):				673.0
Peso unitario (Kg/m3):				2171.0

Capa	Especificación	Espes. (m)	Conduc. W/mºC	R.Ca.ve m2ºC/W	R.Ca.in m2ºC/W	Peso Es. (Kg/m3)	Cap.Tér. J/KgºC	R.T.ver m2ºC/W	R.T.inv m2ºC/W	Peso (Kg/m2)	R.ver/2 m2ºC/W	C.T.T. ext. a int. R.cto.ext m2ºC/W	C.T.T. ext. a int. Co.Ter. h	C.T.T. int. a ext. R.cto.ext m2ºC/W	C.T.T. int. a ext. Co.Ter. h
			Ver CONDUC												
1	R.se							0.040	0.040			0.040			
2	REVOQUE INTERIOR	0.0150	0.93			1900	1000	0.016	0.016	28.5	0.008	0.048	0.381	0.261	2.066
3	HORMIGON ARMADO	0.2800	1.4			2200	1000	0.200	0.200	616.0	0.100	0.156	26.715	0.153	26.168
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0150	1.160			1900	1000	0.013	0.013	28.5	0.006	0.263	2.079	0.046	0.368
6								0.000	0.000	0.0	0.000	0.263	0.000	0.040	0.000
7								0.000	0.000	0.0	0.000	0.263	0.000	0.040	0.000
8								0.000	0.000	0.0	0.000	0.263	0.000	0.040	0.000
9								0.000	0.000	0.0	0.000	0.263	0.000	0.040	0.000
10								0.000	0.000	0.0	0.000	0.269	0.000	0.040	0.000
11	R.si							0.130	0.130					0.040	
	ESPESOR TOTAL	0.310				RES.TERM.TOT.		0.399	0.399	673.0					
													29.175		28.602

Fig. 8.15 PLANI4 del ejemplo elegido.

CALCULO Y VERIFICACION DEL K MEDIO PONDERADO

PARAMENTO:	PARED DOBLE CON COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO, VENTANAS Y PUERTA

INGRESE VALOR=0 EN SUPERF. SI NO CONSIDERA ALGUN ELEMENTO

ELEMENTO	DENOMINACION	SUPERF. m2	K VER. W/m2K	K INV. W/m2K
PLANILLA 1	PARED NORTE DOBLE DE LAD. COMUNES Y HUECOS, REVOCADOS, C/CAMARA AIRE	4.92	1.34	1.34
PLANILLA 2	COLUMNAS Y VIGAS DE ENCADENADO	3.36	1.73	1.73
PLANILLA 3	PARED OESTE DOBLE DE LAD.COMUNES Y HUECOS REVOCADOS, C/POL.EXPANDIDO	5.10	0.50	0.50
PLANILLA 4	DINTELES EN VENTANAS Y PUERTAS	0.60	2.51	2.51
VENTANAS	VENTANAS CORREDIZAS COMUNES	2.40	4.80	4.80
PUERTAS	PUERTAS	1.60	3.00	3.00
OTROS	ESPECIFICAR	0.00	0.00	0.00
	K MEDIO PONDERADO:		**1.82**	**1.82**

INVIERNO	VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)	1.85	**SI**
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)	1.00	**NO**
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)	0.38	**NO**

VERANO	VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)	1.80	**NO**
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)	1.10	**NO**
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)	0.45	**NO**

VERANO CONSIDERANDO COLOR (PONDERADO)	VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)	2.16	**SI**
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)	1.32	**NO**
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)	0.54	**NO**

Fig. 8.16 Hoja KMEPON de ejemplo elegido.

KMEDPON: en esta hoja se resumen los cálculos anteriores y se ponderan las transmitancias térmicas, según las superficies relativas de cada uno de los elementos que conforman el paramento.

Para el llenado de esta hoja se deben introducir los valores de superficie de los elementos que integran las hojas PLANI1 a PLANI4 anteriores, agregando la descripción de ventana, puerta y otro elemento que pudiera estar integrando el paramento, en cuyo caso también se deben introducir los valores de K para verano e invierno.

Los valores de transmitancia térmica para ventanas se obtienen de la hoja KVENT del propio software, de apéndice o de bibliografía específica.

El software verifica el valor de K ponderado para los tres casos de cumplimiento de norma (mínimo, recomendado y ecológico), para verano e invierno, además de contemplar para la situación de verano las características de color de las superficies.

Para la realización del software se consideró por separado la verificación de la transmitancia térmica para verano, sin considerar y considerando el color, ya que si bien la norma incrementa el valor de K admisible cuando el color es más claro, no se pude garantizar que una vez entregada la obra al usuario, éste cambie los colores originales de las superficies por otros más oscuros.

VERIFICACIÓN DEL RIESGO DE CONDENSACIÓN

Además de verificar el cumplimiento de la transmitancia térmica según lo explicado, es de fundamental importancia, sobre todo para climas fríos y en invierno, verificar la ausencia de condensación del vapor de agua, ya sea en forma superficial o intersticial. (Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. y otros, 2000)

El fenómeno de la condensación del vapor de agua, que se produce en las superficies de los elementos que separan los espacios interiores del exterior y dentro de los mismos materiales que componen estos muros y techos (condensación intersticial), atenta contra las condiciones de habitabilidad y salubridad de los locales y a la durabilidad de los cerramientos, interiores y exteriores, ya que provoca o favorece la aparición de hongos y manchas en las superficies, dañando su terminación superficial, ocasionando el deterioro de los componentes del cerramiento y disminuyendo su capacidad de aislamiento térmico. (Gonzalo G.E. y C.F.Martínez, 2001).

El problema de la condensación superficial o intersticial es particularmente importante en invierno y en climas fríos. La condensación se produce porque el aire frío puede contener menos humedad en forma de vapor de agua que el aire templado.

Cuando la humedad relativa del aire alcanza un valor del 100% se dice que está en situación de saturación, por lo que el aire no puede contener más humedad y aparece el rocío sobre las superficies frías. La temperatura a la cual se produce este fenómeno se denomina temperatura de rocío.

Si el aire húmedo entra en contacto con una superficie que tenga una temperatura inferior a su punto de rocío, el vapor de agua contenido en el mismo condensará sobre la superficie, denominándose a este fenómeno "condensación superficial".

Si el aire húmedo del interior de un local penetra en los materiales que componen las paredes y los techos, puede llegar a alcanzar alguna capa interna en donde la temperatura en ese plano sea menor a la de rocío, produciéndose "condensación intersticial".

Esta última puede resultar más seria que la superficial, ya que la humedad puede deteriorar los componentes internos del elemento, daños que no son observables a simple vista, produciendo un grave riesgo a mediano o largo plazo.

A continuación se enuncian las normas de verificación de riesgo de condensación de agua superficial e intersticial de carácter obligatorio, se describen las metodologías para su cálculo y se desarrollan las normas conciliares para evitar la presencia de este inconveniente en los edificios.

Objetivo

Las normas para verificación del riesgo de condensación tienen como objetivo principal verificar la ausencia de condensación en paredes y techos de los edificios y evitar de esta manera posibles patologías, producto de las mismas, en las construcciones.

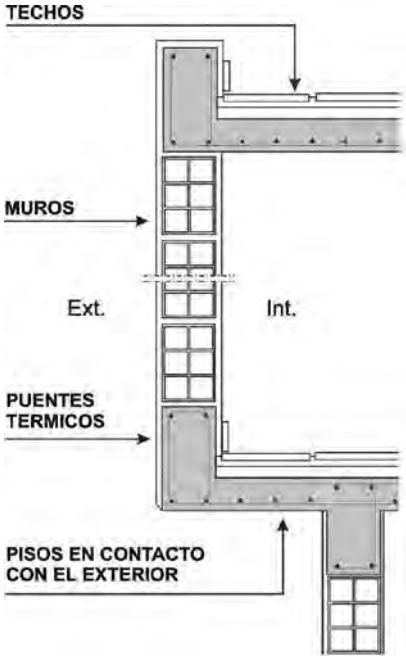


Fig.8.17 Elementos constructivos en donde debe verificarse riesgo de condensación.

Todos los elementos que componen la envolvente exterior del edificio, deberán verificar que no se produzca condensación superficial ni intersticial en el mismo, para la situación de invierno.

En caso que las superficies de la envolvente no presenten características homogéneas (por ejemplo presencia de puentes térmicos), deberá realizarse el proceso de verificación para cada tipo de elemento que presente el paramento exterior (figura 8.17). Se excluye la verificación de puertas y ventanas.

La verificación del riesgo de condensación, podrá realizarse mediante la aplicación del software adjunto a la presente publicación o mediante el método manual, ambos descriptos a continuación.

Fig. 8.18 Deterioro de superficie exterior por condensación intersticial y ennegrecimiento por algas y hongos por condensación superficial en fachadas de edificios de viviendas sociales en San Miguel de Tucumán, Argentina. (Foto: C.F.Martinez)

La condensación no es necesariamente un problema debido al frío extremo, ya que la misma también es posible en climas templados húmedos o en climas compuestos. (Gonzalo G.E. y C.F. Martinez, 2001)

La principal causa de condensación es la baja temperatura del aire, que provoca que las superficies alcancen con facilidad el punto de rocío, hecho que se ve agravado por la presencia de una excesiva cantidad de vapor de agua, producto de las actividades humanas (cocina, lavado, ducha, calefacción, vapor producido por los habitantes), la que no es eliminada adecuadamente debido a la restringida renovación del aire para evitar la pérdida de calor interior.

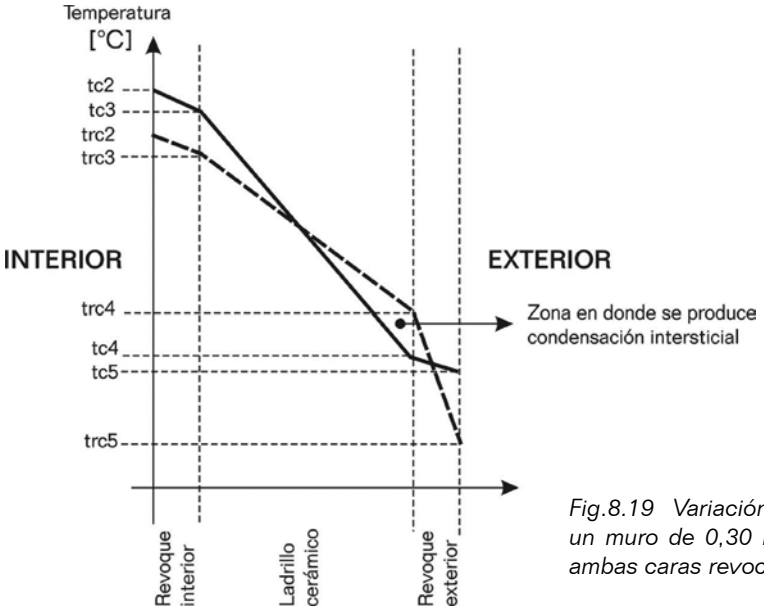


Fig.8.19 Variación de temperaturas en el interior de un muro de 0,30 m de ladrillo cerámico común con ambas caras revocadas.

También puede darse condensación sobre las paredes interiores por efecto de la circulación del aire húmedo de locales calefaccionados hacia otros no calefaccionados y cuyas superficies se encuentran más frías, siendo muy común la aparición de hongos y manchas en las esquinas de locales fríos y poco ventilados como baños y toilettes, lavaderos, depósitos, armarios, etc.

Las medidas para prevenir este fenómeno son: en primer lugar, evitar que la temperatura de las superficies y de los componentes de los cerramientos (pisos, techos y paredes) caigan por debajo del punto de rocío, para lo cual será necesario proveerlos de una adecuada aislación térmica y barrera de vapor.

También se debe evitar la presencia de "puentes térmicos", que son partes compo-

nentes de los cerramientos que poseen un coeficiente de transmisión térmica mayor al promedio del elemento, como por ejemplo estructura de hormigón o acero en contacto con el exterior (Fig. 8.20), carpintería sin aislación, pisos en contacto con terreno natural o paredes de submuración (Fig. 8.21 y 8.22).

Además, reducir la cantidad de vapor de agua contenido en el aire interior, utilizando, por ejemplo, un sistema de renovación de aire exterior con precalentamiento o con intercambiador de calor, para evitar la pérdida de calor interior y manteniendo, en lo posible, todos los locales calefaccionados y a una temperatura similar.

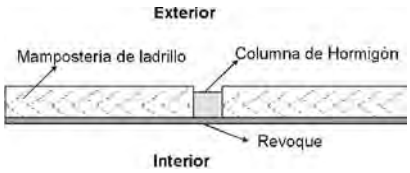


Fig. 8.20 Puente térmico producido por la columna de hormigón.

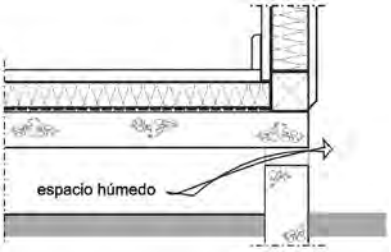


Fig.8.21 Aislamiento térmico de una losa de hormigón sobre cámara de aire cerrada.

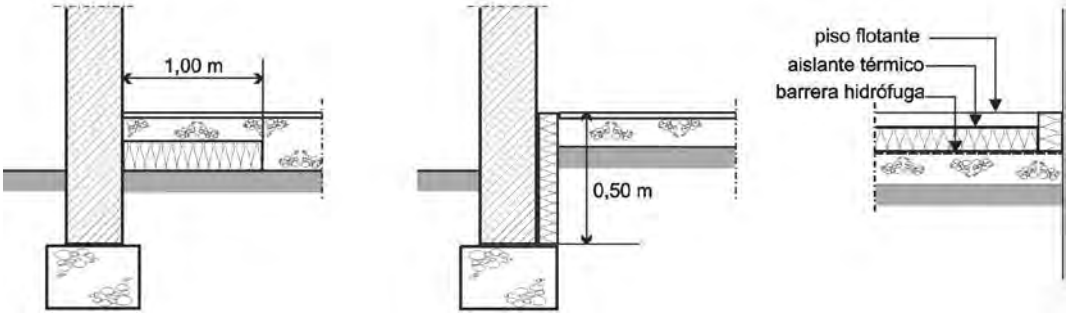


Fig.8.22 Aislamiento térmico de pisos sobre terreno natural.

Recomendaciones de diseño

En lugares donde se produzcan condensaciones transitorias, tales como vidrios o paredes opacas de cocinas o baños, deberán utilizarse materiales que no sean factibles de deterioro al estar en contacto con el agua.

Se recomienda, para controlar el fenómeno de condensación superficial, que el valor máximo de transmitancia térmica en baños y cocinas sean iguales o menores que el mínimo indicado en la Norma IRAM 11605, para las distintas zonas bioambientales, disponiendo estos locales de ventilación natural.

En viviendas de volumen reducido, con poca ventilación o demasiada producción de vapor, el riesgo de condensación aumenta considerablemente, por lo que se recomienda, en estos casos, aumentar en los cálculos el valor de humedad relativa interior de diseño.

Para evitar la condensación superficial en algunos puntos críticos de la envolvente, se aconseja adoptar en el cálculo valores mayores de resistencia superficial interior según la siguiente tabla.

Tabla 8.5 Resistencias superficiales interiores para lugares específicos.

Lugar	Resistencia superficial interior (m^2°K/W)
Aristas superiores y rincones	0,25
Aristas verticales a altura media	0,25
Aristas y rincones interiores	0,34
Vidrios	0,15
Rincones y aristas protegidas (p.ej. interiores de placares sobre muros exteriores)	0,50
Detrás de muebles sobre muros externos	0,50

Para disminuir el riesgo de condensación en las viviendas se recomienda ventilar los locales, principalmente baños y cocinas, lugares en donde hay una mayor producción de vapor.

Si no es posible la extracción de aire por medios naturales, se recomienda utilizar medios mecánicos (extractores). También se recomienda evitar la instalación de calefactores a gas sin tiraje exterior.

Barreras de vapor

La solución más usual para los problemas de condensación consiste en detener el movimiento de la humedad en las cercanías de la superficie interior de la envolvente exterior, con el objeto de que no alcance las capas internas de la misma, que estarían a temperaturas iguales o aún inferiores al punto de rocío.

El control de la humedad se logra gracias a las barreras antivapor, es decir por medio de materiales impermeables al vapor de agua. Las mismas deben colocarse cuidadosamente, evitando puntos mal sellados, discontinuidades en la colocación y perforaciones.
Estos cuidados deben hacerse extensivos a los materiales de recubrimiento exterior, ya que si estos crean una segunda barrera, la humedad quedará aprisionada entre el aislamiento térmico y la cubierta. En estos casos es esencial la ventilación del espacio que contiene el aislamiento (cámaras de aire), para que la humedad pueda evacuarse.
La regla general señala que la barrera debe colocarse siempre del "lado caliente" del aislamiento térmico, de esta manera frena el vapor en el lugar más adecuado e imposibilita que entre en las capas "frías".

Al encontrarse con la barrera "caliente" el vapor no puede condensarse en ella. Situada en un lugar inadecuado, la barrera de vapor imposibilita por un lado la difusión del vapor, e impide la evaporación de la humedad de los materiales de la envolvente, facilitando la condensación de vapor sobre sus caras. Las figuras 8.23 a 25 brindan algunos ejemplos de la instalación de barreras de vapor.

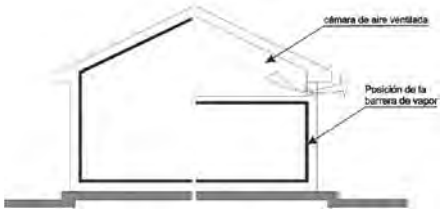


Fig. 8.23 Posición de la barrera de vapor en las superficies del edificio.

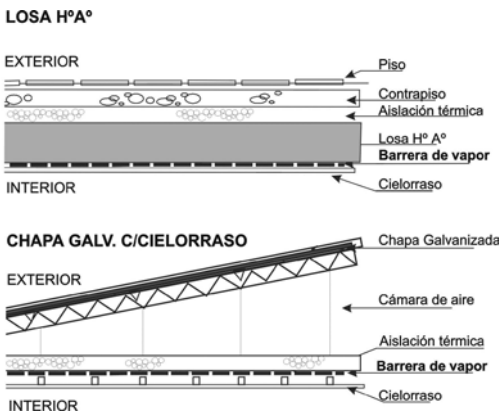


Fig.8.24 Colocación de barreras de vapor en techos.

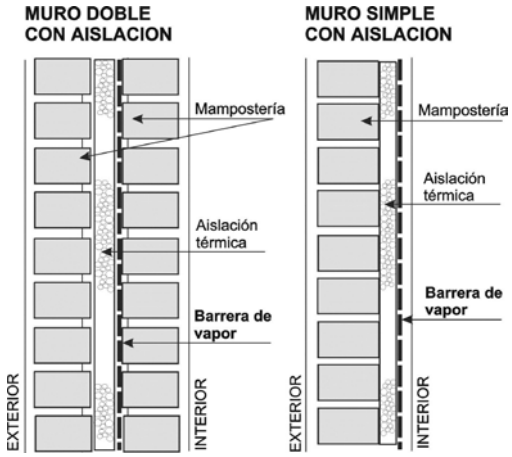


Fig. 8.25 Posición de la barrera de vapor en distintos elementos constructivos.

Pisos de madera separados del terreno: se debe disponer una capa de aislación térmica perimetral.

Vigas de fundación: se debe disponer de aislación térmica de acuerdo a la figura 8.26.

Se debe ventilar en forma cruzada la cámara de aire disponiendo un zócalo abierto o bocas de registro, figura 8.27.

Fig. 8.26 Aislante térmico en vigas de fundación.

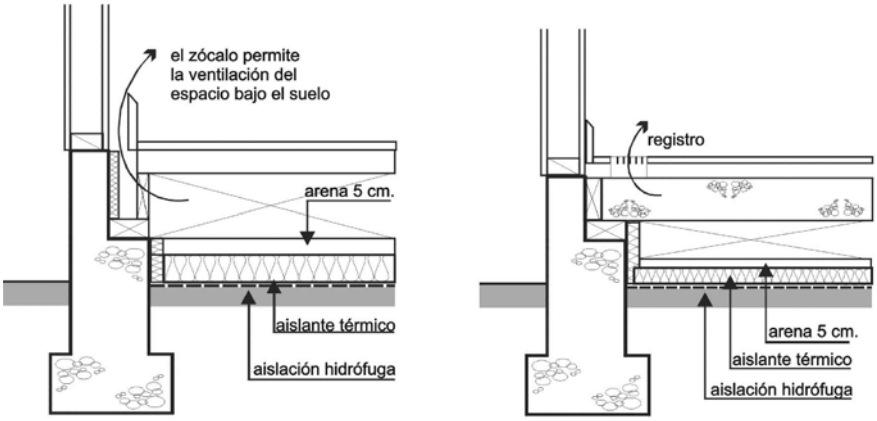


Fig. 8.27 Aislamiento térmico de pisos de madera separados del terreno.

PROCESO DE CÁLCULO MANUAL

para verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial

En esta sección se explica el proceso de cálculo manual para la verificación de riesgo de condensación superficial e intersticial.

Para ello se incluye una planilla (figura 8.28 y apéndice 02) que permitirá ordenar el cálculo, acompañada por las referencias correspondientes.

Encabezado: en esta sección de la planilla se incluyen las características del cerramiento y datos de las condiciones del aire interior y exterior:

Elemento: se indica si el elemento a verificar es muro, cubierta o piso en contacto con el exterior.

Croquis: a efectos de visualizar los distintos elementos componentes del cerramiento se realiza un croquis esquemático del mismo.

Componentes: se enuncian cada uno de los componentes homogéneos del cerramiento.

Aire Interior: en esta fila se colocan las siguientes características del aire interior:

Temperatura interior de diseño (tid): corresponde a la temperatura interior de diseño para la condición de invierno, valor establecido por normas IRAM, el que varía según el destino del local y se indica en tabla de apéndice 02.

Humedad interior de diseño (hri): se obtiene de la figura del apéndice 02 en función de la temperatura exterior de diseño.

Presión de vapor interior (pvi): se obtiene el valor de la presión de vapor de agua interior del diagrama psicrométrico correspondiente a la altura sobre el nivel del mar de la localidad de análisis. Los diagramas para las distintas alturas sobre el nivel del mar se encuentran en apéndice 02. Para obtener el valor de presión de vapor interior se ingresa al diagrama con el valor de temperatura interior de diseño (eje horizontal inferior) y la curva de humedad relativa interior, en la intersección de ambos valores se obtiene la presión de vapor en el eje vertical derecho (figura 8.28).

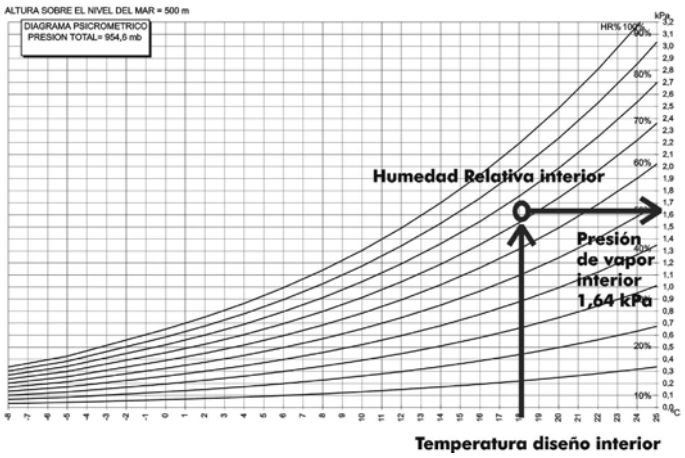


Fig. 8.28 Forma de obtención con el diagrama psicrométrico del valor de presión de vapor interior.

Aire Exterior: en esta fila se colocan los siguientes valores del aire exterior:

Temperatura exterior de diseño (ted): corresponde a la temperatura exterior de diseño que depende de la localidad en la que se proyecte el edificio. Los valores para algunas localidades de la provincia de Tucumán se encuentran en el apéndice 2, y para el resto del país en las tablas de normas IRAM 11603.

Humedad Relativa exterior de diseño (hre): este valor es de un 90% según lo establecido por las Normas IRAM 11625.

Presión de vapor exterior (pve): se obtiene el valor de presión de vapor exterior con igual procedimiento que el descrito para la obtención de la presión de vapor interior, pero ingresando con los datos de temperatura exterior de diseño y humedad relativa exterior de diseño.

Diferencia de temperaturas (Dt): se indica la diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura exterior de diseño.

Diferencia de presiones de vapor (Dp): se indica la diferencia entre la presión de vapor interior y la presión de vapor exterior.

Columna 1 - Capas del cerramiento: se indican las distintas capas de materiales que componen el cerramiento, desde el interior hacia el exterior. En caso de existir cámara de aire, se la deberá considerar como una capa más.

Columna 2 - Espesor: se indican los espesores en metros de cada capa de material.

Columna 3 - Conductividad: se introducen los valores de conductividad térmica para cada capa de material. En el caso de cámaras de aire, deberá volcarse directamente el valor de resistencia térmica de la cámara.

Columna 4 - Resistencia térmica: se deberá volcar el valor de resistencia térmica de cada capa. La resistencia térmica de los materiales se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = e/\lambda$$

R : resistencia térmica

e: espesor del material (columna 2)

λ: conductividad del material (columna3)

Resistencia térmica de cámaras de aire: en el caso de contar el cerramiento con una cámara de aire intermedia, debe introducirse el valor de la resistencia térmica de la misma, para la condición de invierno, la cual se encuentra en el apéndice 02 y que depende de las características de la misma.

Resistencia superficial interior: este valor se obtiene de tabla del apéndice 2.

Resistencia superficial exterior: este valor se obtiene de tabla del apéndice 2.

Resistencia térmica total (Rt): la resistencia térmica total del cerramiento es la sumatoria de las resistencias parciales de cada capa y se indica al pié de la columna.

Columna 5 - Temperaturas: en esta columna se introducen los valores de temperatura de cada capa de material.

Las temperaturas de las superficies entre cada capa del elemento se calculan con el siguiente procedimiento:

Temperatura primera capa: tc1 = tid

Temperatura capas intermedias:

$$tcn = t(n-1) - \Delta t \times R(n-1)$$

Temperatura última capa: deberá ser igual a la temperatura del aire exterior (ted)

Δt : diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura exterior de diseño.

R(n-1) : resistencia térmica de la capa del cerramiento ubicada hacia el interior del local respecto de la capa del material considerado, o bien, cuando corresponda, la resistencia superficial interior.

Rt : resistencia térmica total.

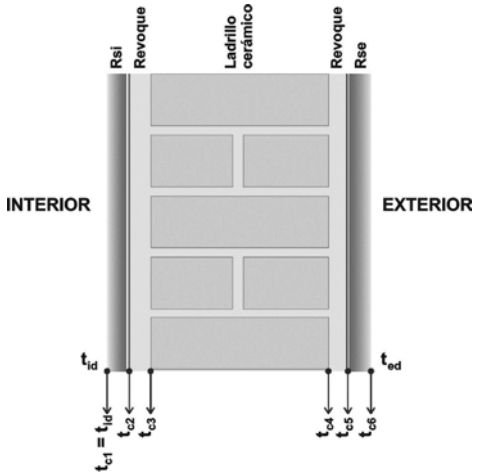


Fig. 8.29 Esquema con las temperaturas de la superficie de cada capa del cerramiento.

Columna 6 - Permeabilidad: se indica la permeabilidad al vapor de agua de cada capa homogénea de material. Estos valores se obtienen de tabla del apéndice 02.

Columna 7 - Permeancia: si el espesor del material es pequeño (por ejemplo pinturas,

películas, barreras de vapor, etc.) se indica el valor de permeancia. Estos valores se obtienen de tabla del apéndice 02.

Columna 8 - Resistencia al vapor de agua: se calcula la resistencia al vapor de agua de cada capa homogénea de material con la siguiente ecuación:

$$Rv = e/\delta$$

Rv: resistencia al vapor de agua de cada capa de material.

e: espesor del material (columna 2)

δ:permeabilidad de cada capa de material (columna 6)

Si el material es de poco espesor (por ejemplo pinturas, películas, etc.) el valor de resistencia al paso de vapor se obtiene con la ecuación:

$$Rv = 1/\gamma$$

Rv: resistencia al vapor de agua de cada capa de material.

γ: permeancia de cada capa de material (columna 6).

Al final de esta columna se indica el valor total de resistencia al vapor de agua del cerramiento obtenido por la sumatoria de las resistencias parciales de cada capa.

Columna 9 - Presión de vapor de agua: En esta columna se vuelcan los valores de presión de vapor de cada capa del elemento con el siguiente procedimiento:

Presión de vapor de la primera capa:

pc1 = pid

Presión de vapor de las capas intermedias:

$$pcn = \frac{p(n-1) - \Delta p \,.\, Rv(n-1)}{Rvt}$$

Presión de vapor última capa: deberá ser igual a la presión de vapor del aire exterior (pve)

Δp : diferencia entre la presión de vapor interior y la presión de vapor exterior.

Rvn : resistencia al vapor de agua de la capa del cerramiento.

Rvt : resistencia total al vapor de agua del cerramiento.

Columna 10 - Temperatura de rocío: a las presiones de vapor de cada capa le corresponde una temperatura de rocío o condensación que se obtiene de los diagramas psicrométricos. Para obtener el valor de temperatura de rocío de cada capa, se ingresa al diagrama con el valor de presión de vapor de cada capa (columna 8) ubicado en el eje vertical derecho y donde corta con la curva de HR del 100% se obtiene en el eje horizontal inferior el valor de temperatura de rocío.

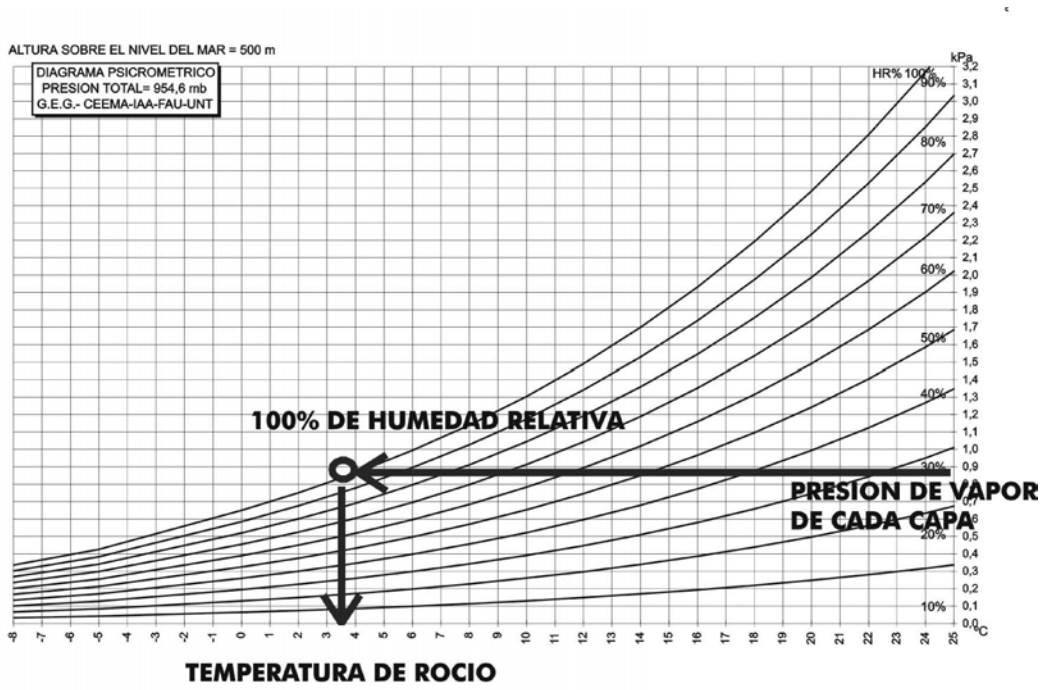


Fig. 8.30 Obtención de la temperatura de rocío.

Columna 11 - Diferencia de temperaturas: se indican las diferencias entre la temperatura de cada capa (columna 5) y la temperatura de rocío (columna 9) de cada una de las capas de material. Si alguna de las diferencias es negativa significa que existe condensación en esa capa de material.

Graficación: para la mejor visualización del problema de condensación se deberá graficar la variación de los valores de temperatura real de cada capa y la temperatura de rocío. Para ello se volcarán en las ordenadas los espesores de cada capa y en las abscisas los valores de ambas temperaturas (columnas 5 y 9 de la planilla), obteniéndose dos curvas, la condensación se producirá en aquellas zonas del interior del cerramiento en que la curva de temperatura real sea inferior a la temperatura de rocío (ver figura 8.31).

VERIFICACIÓN DEL RIESGO DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

La verificación de la condensación superficial interior se obtiene a partir de la comparación de los valores de temperatura real de la superficie interna con la temperatura de rocío de dicha superficie.

Temperatura superficial interior: este valor se obtiene con la siguiente fórmula:

$$tsi = \frac{tid - 0{,}17 \cdot \Delta t}{Rst}$$

tsi : temperatura superficial interior.
tid : temperatura interior de diseño.
Δt : diferencia entre la temperatura interior de diseño y la temperatura exterior de diseño.
0,17: resistencia térmica superficial interior según Normas IRAM 11625.
Rst: resistencia térmica total (obtenido de planilla)

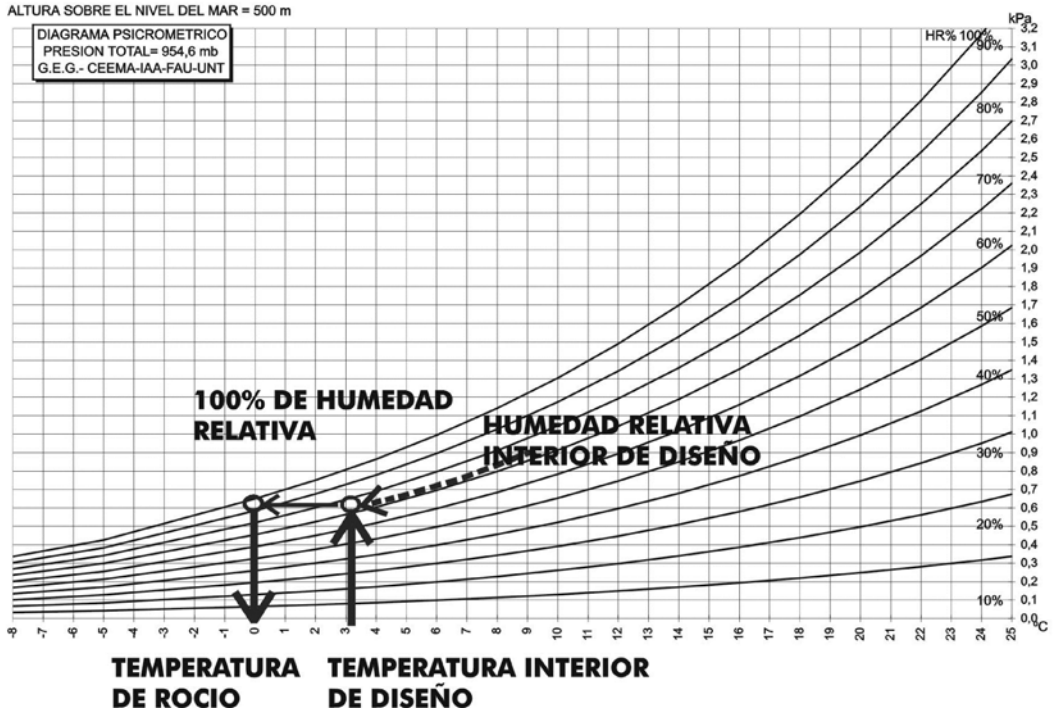


Fig. 8.31 Forma de obtención con el diagrama psicrométrico del valor de temperatura de rocío interior.

Temperatura de rocío: este valor se obtiene mediante el diagrama psicrométrico correspondiente a la altura sobre el nivel del mar de la localidad analizada se deberá interceptar el valor de temperatura interior de diseño (eje horizontal) con la curva correspondiente al valor de temperatura relativa interior (obtenido de planilla) y prolongar el punto hasta cortar la curva del 100% de humedad relativa, a partir de esta intersección se podrá leer sobre el eje horizontal el valor de temperatura de rocío correspondiente a la superficie interior (ver figura 8.31).

Verificación: para que no se produzca condensación superficial la temperatura de rocío interior debe ser inferior a la temperatura superficial interior.

Elemento: MURO EXTERIOR DOBLE DE LADRILLO COMÚN, CON AISLANTE	Croquis	Componentes: 1. Revoque interior 2. Ladrillo común 0,05 m 3. Caucho artificial 4. Poliestireno expandido 0,05 m 5. Ladrillo común 0,13 m 6. Revoque exterior 7. 8. 9.	Aire Interior	Tid Temp.int.diseño 18	Hid Hum.rel.int.dis. 90	Pvi Pres.vap.int. 1,63	Δt (tid-ted) 14,90
			Aire Exterior	Ted Temp.ext.diseño 3,1	Hed Hum.rel.ext.dis. 75	Pvi Pres.vap.ext. 0,73	Δt (tid-ted) 0,90

1 Capas del elemento	2 Espesor [m]	3 Conductividad Térmica [W/m K]	4 Resistencia Térmica [m² K/W]	5 Tempe-ratura [°C]	6 Permeabilidad [g/m h Kpa]	7 Permeancia [m² h Kpa/g]	8 Resistencia al vapor de agua [m² h Kpa/g]	9 Presión vapor de agua [Kpa]	10 Temperatura de Rocío [°C]	11 Diferencia Temperaturas [°C]
1. Resistencia superficial interior			0,130	tc1 18,00				Pc1 1,63		
				tc2 16,97				Pc2 1,63	13,42	3,54
2. Revoque interior	0,025	0,93	0,027		0,044		0,57			
				tc3 16,75				Pc3 1,61	13,23	3,52
3. Ladrillo común	0,05	0,91	0,055		0,080		0,63			
				tc4 16,32				Pc4 1,58	13,01	3,30
4. Caucho artificial	0,005	0,16	0,031			0,065	15,38			
				tc5 16,07				Pc5 1,00	6,13	9,94
5. Poliestireno expandido	0,05	0,035	1,429		0,010		5,00			
				tc6 4,72				Pc6 0,81	3,03	1,70
6. Ladrillo común	0,13	0,91	0,143		0,080		1,63			
				tc7 3,59				Pc7 0,75	1,90	1,69
7. Revoque exterior	0,025	1,16	0,022		0,044		0,57			
				tc8 3,42				Pc8 0,73	1,50	1,92
8.										
				tc9				Pc9		
9.										
				tc10				Pc10		
10. Resistencia superficial exterior			0,04							
				tc11 3,10				Pc11 0,73		
			Res.térmica total 1,876				Res.vapor agua total 23,771			

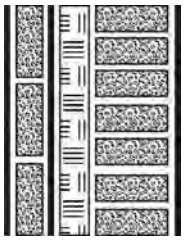
Tabla 8.6 Ejemplo de planilla de cálculo para verificación del riesgo de condensación.

Ejemplo de llenado de planilla de cálculo para verificación del riesgo de condensación intersticial.

En la planilla modelo se vuelcan en el encabezado los siguientes datos:

Elemento: MURO

Croquis:



Componentes:

1. Revoque interior.
2. Ladrillo común 0,05.
3. Pintura asfáltica.
4. Poliestireno expandido.
5. Ladrillo común 0,13.
6. Revoque exterior

Aire interior:

Tid: temperatura interior de diseño: 18ºC para vivienda según tabla 8.7.
Hri: Humedad relativa interior: 75% (figura 8.33)
Pvi: 1,63 (diagrama psicrométrico para 500 m s.n.m., figura 8.32)

Aire exterior:

Ted: temperatura exterior de diseño, de localidad S. M. de Tucumán: 3,1ºC de tabla del apéndice 2.
Hre: Humedad relativa exterior de diseño: 90% (5.1.1.2. de Normas IRAM 11.625)
Pve: 0,73 (diagrama psicrométrico para 500 m s.n.m., figura 8.32)

Tabla 8.7 Temperatura interior de diseño, según destino del local.

Edificio o local	Temp. [°C]
Destinado a vivienda, enseñanza,	
comercio, trabajo sedentario y cultura.	18
Salones de actos, gimnasios y locales	
para trabajo ligero.	15
Locales para trabajo pesado.	12
Espacios para almacenamiento general.	10

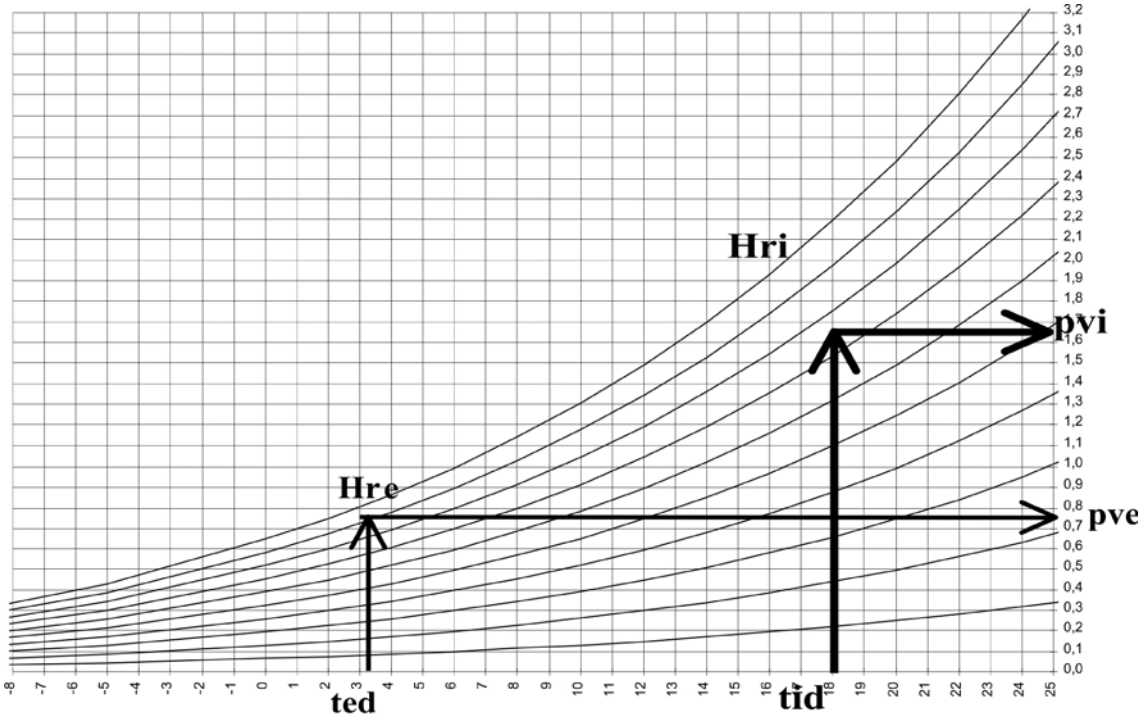


Fig.8.32 Determinación de la presión de vapor interior.

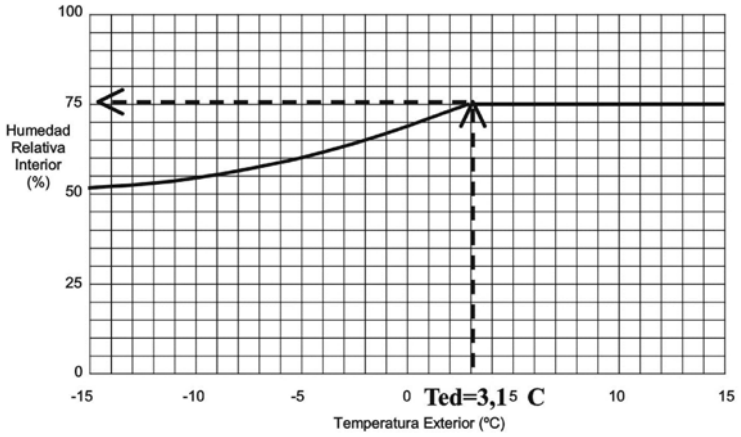


Fig. 8.33 Determinación de la humedad relativa interior.

Diferencia de temperaturas:

Δt: 18 - 3,1 = 14,9ºC

Diferencia de presiones de vapor:

Δp: 1,63 - 0,73 = 0,90 kPa

En la segunda parte de la planilla en función de las características del cerramiento se vuelcan los datos de materiales de cada capa (columna1), espesor (columna 2), conductividad (columna 3) y permeabilidad o permeancia (columna 6 y 7).

Resistencia térmica (columna 4): se calcula la resistencia térmica de cada capa de material.

Resistencia superficial interior: para flujo horizontal de calor le corresponde el valor de 0,13, según tabla del apéndice 02.

Pero para la verificación específica del riesgo de condensación superficial, que veremos más adelante, se debe adoptar el valor 0,17 m^2 K/W.

Revoque interior: 0,025/0,93 = 0,027

Ladrillo común: 0,05/0,91 = 0,055

Caucho artificial: 0.005/0,16 = 0,031

Poliestireno expandido: 0,05/0,035 = 1,429

Ladrillo común: 0,13/0,91 = 0,143

Revoque interior: 0,025/1,16 = 0,22

Resistencia superficial exterior: para flujo horizontal de calor le corresponde el valor de 0,04 (tabla del apéndice 2).

Resistencia térmica total: 1,876

Temperaturas de cada capa (columna 5):

tc1 = tid = 18 ºC

$$tc2 = 18 - \frac{14,9 \times 0,13}{1,876} = 16,97\ ºC$$

$$tc3 = 16,97 - \frac{14,9 \times 0,027}{1,876} = 16,75\ ºC$$

$$tc4 = 16,75 - \frac{14,9 \times 0,055}{1,876} = 16,32\ ºC$$

$$tc5 = 16,32 - \frac{14,9 \times 0,031}{1,876} = 16,07\ ºC$$

$$tc6 = 16,07 - \frac{14,9 \times 1,429}{1,876} = 4,72\ ºC$$

$$tc7 = 4,72 - \frac{14,9 \times 0,143}{1,876} = 3,59\ ºC$$

$$tc8 = 3,59 - \frac{14,9 \times 0,022}{1,876} = 3,42\ ºC$$

tc11 (última capa) = ted = 3,10 ºC

Resistencia al vapor de agua (columna 7): se calcula la resistencia al vapor de agua de cada capa de material.

Resistencia superficial interior: esta capa de aire no ofrece resistencia al vapor de agua.

Revoque interior: 0,025/0,044 = 0,57

Ladrillo común: 0,05/0,08 = 0,63

Caucho artificial: 1/0,065 = 15,385

Poliestireno expandido: 0,05/0,01 = 5,00

Ladrillo común: 0,13/0,08 = 1,63

Revoque interior: 0,025/0,044 = 0,57

Resistencia superficial exterior: esta capa de aire no ofrece resistencia al vapor de agua.

Presión de vapor de agua (columna 9):

pc1 = pvi = 1,63

pc2 = 1,63

$$pc3 = 1,63 - \frac{0,90 \times 0,568}{23,771} = 1,61$$

$$pc4 = 1{,}61 - \frac{0{,}90 \times 0{,}625}{23{,}771} = 1{,}58$$

$$pc5 = 1{,}58 - \frac{0{,}90 \times 15{,}385}{23{,}771} = 1{,}00$$

$$pc6 = 1{,}09 - \frac{0{,}90 \times 5}{23{,}771} = 0{,}81$$

$$pc7 = 0{,}84 - \frac{0{,}90 \times 1{,}625}{23{,}771} = 0{,}75$$

$$pc8 = 0{,}76 - \frac{0{,}90 \times 0{,}568}{23{,}771} = 0{,}73$$

pc11 (última capa) = pve = 0,73

Temperatura de rocío (columna 10): Con los valores de presión de vapor y mediante el diagrama psicrométrico se obtienen los valores de temperatura de rocío de cada capa.

Diferencia de temperaturas (columna 11): Se resta el valor de temperatura de cada capa menos los valores de temperatura de rocío.

Verificación de condensación superficial:

Temperatura de la superficie interna:

$$Tsi = 18 - \frac{14{,}90 \times 0{,}17}{1{,}918} = 16{,}68$$

Temperatura de rocío: 13,42

Se observa que la temperatura de rocío es inferior a la temperatura de la superficie interna por lo que se verifica que no existe riesgo de condensación superficial.

Graficación

Con el objetivo de obtener una visualización rápida del comportamiento del muro para prevenir riesgos de condensación, se realiza un gráfico simple en donde se vuelcan en ordenadas las distintas capas que componen el cerramiento compuesto y en abscisas los valores de temperaturas reales y de rocío.

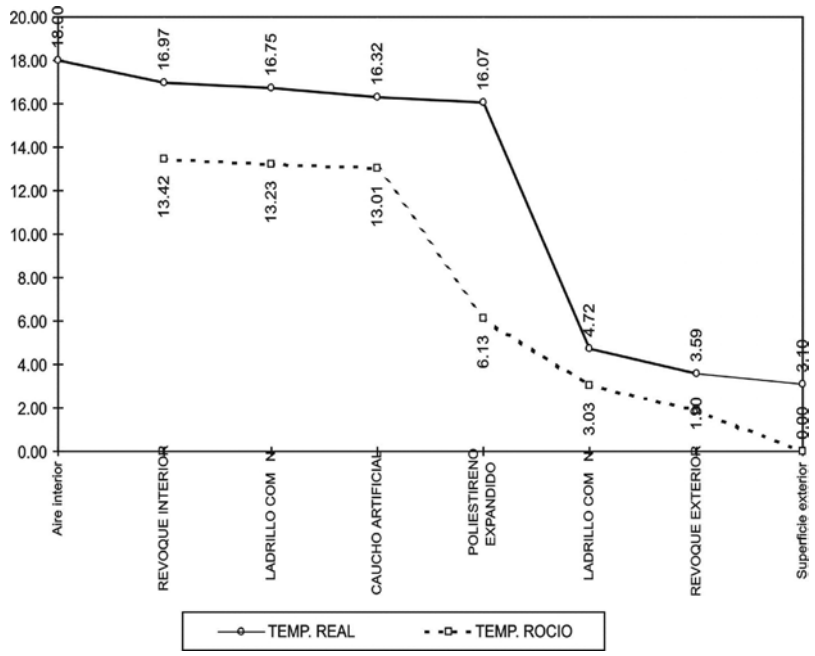


Fig. 8.34 Gráfico de temperaturas reales y de rocío, para el muro doble analizado.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO POR PROGRAMA DE COMPUTACIÓN

Para realizar la verificación de condensación en la envolvente se propone la utilización del programa CEEMACON.xls, el cual se basa en la metodología de cálculo de las Normas IRAM vigentes, y que se encuentra en disco adjunto. El programa está compuesto por una serie de hojas de cálculo en las cuales hay distintas planillas:

Hoja INTRO: esta es una hoja de presentación del programa. (Fig.8.35)

Hoja DATOS: en las planillas que conforman esta hoja se introducen los datos de la localidad de análisis y del cerramiento a verificar. (Fig.8.36)

Hoja CAPAS: en esta planilla se introducen los datos de cada capa de material del cerramiento analizado. (Fig.8.37)

Hoja VERIFICACIÓN: en estas planillas no se introducen datos. Tiene la finalidad de verificar según Normas IRAM la transmitancia térmica y el riesgo de condensación superficial e intersticial. (Fig.8.38 a 43)

Hojas TMEDIS, KVID, PERM, CONDUC, PREVAP, RECA, COLOR: poseen planillas con datos a elegir en función de lo solicitado por el programa.

Hoja DATOS

Los datos necesarios para el cálculo deberán introducirse en las celdas sombreadas con amarillo, en las celdas verdes se introducen datos de referencia que no son utilizados en el proceso de cálculo, en las celdas blancas no se introducen datos. Encabezado: se introducen los datos de la obra, situación, operador y fecha.

Características del lugar: en esta parte de la planilla se incorporan los datos climáticos de la localidad de análisis.
Nombre de la localidad: se introduce el nombre de la localidad en donde se ubicará la obra a construir o analizar.

Altura sobre el nivel del mar: se introduce este dato de la localidad de emplazamiento de la obra, algunos de los cuales se encuentran en el apéndice 2.

Zona bioclimática: se introduce la zona bioclimática a la que pertenece la localidad según zonificación bioambiental de la Provincia de Tucumán, dato que se encuentra en el apéndice 2.

Tipo de cerramiento: si el cerramiento es vertical, debe introducirse la letra "M", si el cerramiento es horizontal debe introducirse la letra "T".

Temperatura interior de diseño: es la temperatura interior de diseño para invierno la cual depende del destino del local y se indica en tabla del apéndice 2.

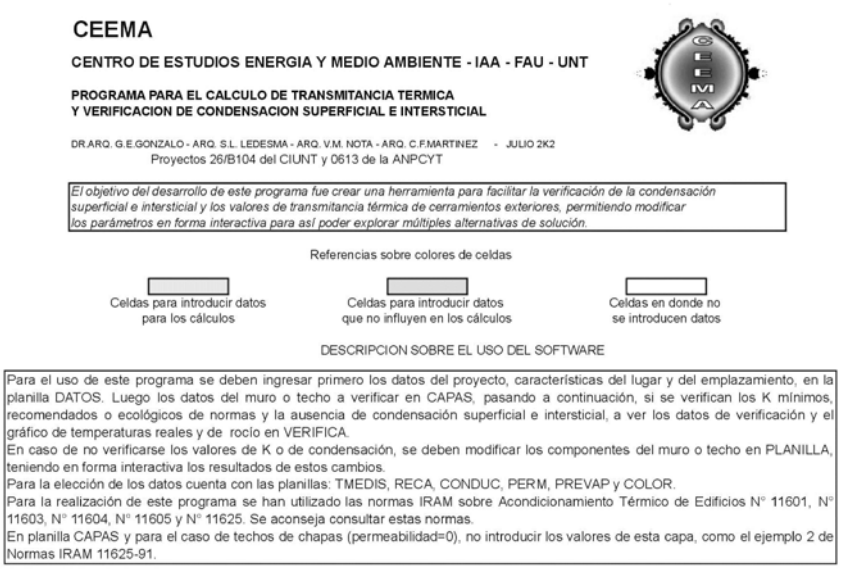
Temperatura exterior de diseño: corresponde a la temperatura exterior de diseño para la condición de invierno que depende de la localidad en la que se proyecte el edificio. Los valores para algunas localidades de la provincia de Tucumán se encuentran la hoja TMEDIS y en tabla del apéndice 2, o bien se extraen del mapa con las temperaturas de diseño por zona bioclimática, del apéndice 2. Para otras localidades utilizar las normas IRAM.

Humedad relativa interior de diseño: este valor no se debe introducir ya que es calculado por el programa en función de la temperatura exterior de diseño de invierno, considerando hábitos de usos normales.

Humedad relativa exterior de diseño: este valor ya se encuentra introducido en la planilla y está establecido por las Normas IRAM 11625.

Presión de vapor interior: este valor no se debe introducir ya que el mismo es calculado por el programa en función de la altura sobre el nivel del mar, la temperatura interior de diseño y la humedad relativa interior de diseño. Pueden obtenerse también de los diagramas psicométricos.

Presión de vapor exterior: al igual que para la presión de vapor interior, este valor es calculado por el programa con los datos de altura sobre el nivel del mar, temperatura exterior de diseño y humedad relativa exterior de diseño. Como en el caso anterior también se pueden obtener de los diagramas psicométricos.


CEEMA

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PROGRAMA PARA EL CALCULO DE TRANSMITANCIA TERMICA
Y VERIFICACION DE CONDENSACION SUPERFICIAL E INTERSTICIAL

DR.ARQ. G.E.GONZALO - ARQ. S.L. LEDESMA - ARQ. V.M. NOTA - ARQ. C.F.MARTINEZ - JULIO 2K2
Proyectos 26/B104 del CIUNT y 0613 de la ANPCYT

El objetivo del desarrollo de este programa fue crear una herramienta para facilitar la verificación de la condensación superficial e intersticial y los valores de transmitancia térmica de cerramientos exteriores, permitiendo modificar los parámetros en forma interactiva para así poder explorar múltiples alternativas de solución.

Referencias sobre colores de celdas

Celdas para introducir datos para los cálculos | Celdas para introducir datos que no influyen en los cálculos | Celdas en donde no se introducen datos

DESCRIPCION SOBRE EL USO DEL SOFTWARE

Para el uso de este programa se deben ingresar primero los datos del proyecto, características del lugar y del emplazamiento, en la planilla DATOS. Luego los datos del muro o techo a verificar en CAPAS, pasando a continuación, si se verifican los K mínimos, recomendados o ecológicos de normas y la ausencia de condensación superficial e intersticial, a ver los datos de verificación y el gráfico de temperaturas reales y de rocío en VERIFICA.
En caso de no verificarse los valores de K o de condensación, se deben modificar los componentes del muro o techo en PLANILLA, teniendo en forma interactiva los resultados de estos cambios.
Para la elección de los datos cuenta con las planillas: TMEDIS, RECA, CONDUC, PERM, PREVAP y COLOR.
Para la realización de este programa se han utilizado las normas IRAM sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios N° 11601, N° 11603, N° 11604, N° 11605 y N° 11625. Se aconseja consultar estas normas.
En planilla CAPAS y para el caso de techos de chapas (permeabilidad=0), no introducir los valores de esta capa, como el ejemplo 2 de Normas IRAM 11625-91.

Fig. 8.35 Pantalla introductoria del programa CEEMACON.XLS.

(Hoja INTRO)

OBRA:	EJEMPLO DE APLICACION
SITUACION:	OBRA EN S.M.DE TUCUMAN
OPERADOR:	CEEMA-IAA-FAU-UNT
FECHA:	12/07/02

CARACTERISTICAS DEL LUGAR	UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Nombre de la localidad:		S.M.de TUCUMAN	
Altura sobre el nivel del mar:	m	426	*VER ANEXO 1*
Zona bioambiental: (x)		2	*Ingresar 1,2,3,4,5, ó 6*
Tipo de cerramiento:		M	MURO = M - TECHO = T
Temperatura interior de diseño invierno: (x)	ºC	18	*VER TMEDIS*
Temperatura exterior de diseño invierno: (x)	ºC	3.1	*VER PLANILLA TMEDIS*
Humedad relativa interior de diseño :	%	75	
Humedad relativa exterior de diseño:	%	90	*VALOR PRESCRIPTO POR NORMAS*
Presión de vapor interior:	kPa	1.63	
Presión de vapor exterior:	kPa	0.73	

CARACTERISTICAS DEL CERRAMIENTO	UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Características del cerramiento	Muro doble con aislación, revocado ambas caras		
Resistencia de cámara de aire invierno:	m^2.K/W	0.17	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial interior invierno:	m^2.K/W	0.13	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial exterior invierno:	m^2.K/W	0.04	*VER PLANILLA RECA*
Coeficiente absorción (color) sup.exterior:		0.50	*VER PLANILLA COLOR*
Resistencia de cámara de aire verano:	m^2.K/W	0.17	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial interior verano:	m^2.K/W	0.13	*VER PLANILLA RECA*
Resistencia superficial exterior verano:	m^2.K/W	0.04	*VER PLANILLA RECA*

(x) Ver libro "Habitabilidad en edificios" y planilla TMEDIS, para Tucumán. Para otras localidades consultar Normas IRAM

Fig. 8.36 Modelo de hoja DATOS del programa para verificación de riesgo de condensación.

Características del cerramiento: en esta planilla se introducen los datos de resistencias superficiales y de cámara de aire.

Resistencia de cámara de aire (invierno y verano): en el caso de contar el cerramiento con una cámara de aire intermedia, deben introducirse los valores de resistencia térmica de la misma para la condición de invierno y verano, los cuales se encuentran en la hoja RECA y en tabla del apéndice 2 y depende de las características de la misma.

Resistencia superficial interior (invierno y verano): este valor se obtiene de la hoja RECA o de tabla del apéndice.

Resistencia superficial exterior (invierno y verano): este valor se obtiene de la hoja RECA o de tabla del apéndice 2.

Coeficiente de absorción: se debe introducir el valor del coeficiente de absorción de la superficie exterior del cerramiento el cual depende del color del mismo, este valor se obtiene de la hoja COLOR o de tabla del apéndice 2.

Hoja CAPAS

En esta hoja se encuentra la planilla en la cual, a partir de los datos volcados de los materiales constitutivos de la envolvente, se determinan: la presión de vapor, la temperatura en cada superficie, la temperatura de rocío y la transmisión térmica total del elemento, datos que serán necesarios conocer para la verificación del riesgo de condensación en el elemento.

En la parte superior de la planilla se indica si el elemento verifica la transmitancia térmica en los 3 niveles de confort (mínimo, recomendado y ecológico) y si verifica o no la existencia de condensación superficial o intersticial. Los datos necesarios a introducir son:

Capas del cerramiento: En esta columna se indican las capas del elemento constructivo desde el interior hacia el exterior. En caso de existir cámara de aire, la misma se debe introducir como un material más.

Espesor: se indican los valores de espesor en cada capa en metros. En el caso de presentarse materiales de espesor muy pequeño (tales como pintura impermeable, hojas de aluminio, papel kraft, etc.) se debe introducir el valor de 0,0001, para que sea considerado en los cálculos.

Conductividad térmica: se introducen los valores de conductividad térmica para cada capa de material cuyos valores se encuentran en la hoja CONDUC del programa o en tabla del apéndice 2.

En el caso de existencia de cámaras de aire, no se ingresa valor alguno de conductividad, para que el programa utilice en los cálculos el valor de resistencia de cámara introducido en la hoja DATOS.

Resistencia Térmica: estos valores son calculados por el programa para cada capa de material con los datos de espesor y conductividad.

Peso específico: se introducen los valores de densidad en kg/m3 para cada capa de material, excepto la cámara de aire. Los datos se encuentran en la hoja CONDUC del programa o en tabla del apéndice 2.

Permeabilidad: se introducen los valores de permeabilidad para cada capa de material, cuyos valores se encuentran en la hoja PERM del programa o en tabla del apéndice. Si el material posee un espesor muy pequeño, en la columna de permeabilidad no se introduce valor y se coloca el de permeancia en la columna siguiente. En el caso de cámaras de aire se introduce el valor de permeabilidad del aire en reposo.

Permeancia: para capas de materiales cuyo espesor es muy pequeño, debe introducirse el valor de la permeancia de los mismos cuyos valores se encuentran en la hoja PERM del programa o en tabla del apéndice. En las capas restantes no debe introducirse ningún valor.

Los valores de resistencia de vapor, presión de vapor, temperatura real y temperatura de rocío son calculados por el programa.

Hoja VERIFICA

Verificación del valor K de transmitancia térmica según Normas IRAM 11605-96.

En función de la trasmitancia térmica del elemento, calculada por el programa, el mismo realiza la verificación de Normas para los tres niveles de confort: mínimo, recomendado y ecológico.

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE

VERIFICA K	SI/NO
MINIMO	SI VERIFICA
RECOMEN.	SI VERIFICA
ECOLOGICO	NO VERIFICA

VERIFICA QUE NO CONDENSA	
SUPERFICIAL	SI VERIF.
INTERSTICIAL	SI VERIF.

Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica $m^2.K/W$	Peso Espec. Kg/m^3	Peso Unit. Kg/m^2	Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia $g/m^2.h.kPa$	Resist. vapor tot. $m^2.h.kPa/g$	Presión vapor kN/m^2	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.63	18.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM				
										1.63	16.97	13.42
1	REVOQUE INTERIOR	0.0250	0.930	0.027	1800	45.0	0.044		0.57			
										1.61	16.75	13.23
2	LADRILLO COMÚN	0.0500	0.910	0.055	1500	75.0	0.080		0.63			
										1.58	16.32	13.01
3	CAUCHO ARTIFICIAL	0.0050	0.160	0.031	1050	5.3		0.0650	15.38			
										1.00	16.07	6.13
4	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.0500	0.035	1.429	25	1.3	0.010		5.00			
										0.81	4.72	3.03
5	LADRILLO COMÚN	0.1300	0.910	0.143	1500	195.0	0.080		1.63			
										0.75	3.59	1.90
6	REVOQUE EXTERIOR	0.0250	1.160	0.022	1900	47.5	0.044		0.57			
										0.73	3.42	1.50
7										#N/A	#N/A	#N/A
8										#N/A	#N/A	#N/A
9										#N/A	#N/A	#N/A
10										#N/A	#N/A	#N/A
11										0.73	3.10	
	R.S.E.			0.040								
	AIRE EXTERIOR									0.73	3.10	
				Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.			
	Espesor Total:	0.285		1.876	0.533	369.00			23.771			

Fig. 8.37 Hoja CAPAS del programa para la verificación de riesgo de condensación.

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	0.53	0.53		
K mínimo	1.80	1.85	2.16	SI VERIFICA
K recomendado	1.10	1.00	1.32	SI VERIFICA
K ecológico	0.45	0.38	0.54	NO VERIFICA

Fig. 8.38 Ejemplo de cálculo de la hoja VERIFICACIÓN, en el sector de transmitancia térmica.

Verificación de condensación superficial

En esta planilla el programa compara las temperaturas superficiales interna y de rocío indicando si el cerramiento presenta o no condensación en la superficie interna del mismo.

Verificación de condensación intersticial

En esta sección el programa compara la temperatura real y la temperatura de rocío de cada capa de material e indica la existencia o no de condensación intersticial en cada una de ellas.

VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	1.63	
Presión de vapor exterior	kPa	0.73	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	14.90	
Resistencia superficial interior	$m^2.K/W$	0.17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	1.32	
Temperatura de la superficie interna	°C	16.68	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	13.42	NO CONDENSA

Fig. 8.39 Ejemplo de cálculo de la hoja VERIFICACIÓN, en el sector de verificación de la condensación superficial.

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	18.00		
REVOQUE INTERIOR	16.97	13.42	**NO CONDENSA**
LADRILLO COMÚN	16.75	13.23	**NO CONDENSA**
CAUCHO ARTIFICIAL	16.32	13.01	**NO CONDENSA**
POLIESTIRENO EXPANDIDO	16.07	6.13	**NO CONDENSA**
LADRILLO COMÚN	4.72	3.03	**NO CONDENSA**
REVOQUE EXTERIOR	3.59	1.90	**NO CONDENSA**
Superficie exterior	3.10		**NO CONDENSA**
Aire exterior	3.10		

Fig. 8.40 Ejemplo de cálculo de la hoja VERIFICACIÓN, en el sector de verificación de la condensación intersticial.

En el gráfico (Fig. 8.43) que acompaña a esta planilla, se muestran las curvas de temperatura real y de rocío en cada capa de material, lo que permite visualizar el problema de condensación cuando la curva de temperatura real está por debajo de la curva de temperatura de rocío en alguna capa.

Se observa que para la primera y última capa no se registra temperatura de rocío debido a que estas corresponden a las películas de aire adosadas a la superficie interior y exterior del cerramiento.

Las restantes planillas que se incluyen en esta hoja tienen la finalidad de mostrar los cálculos intermedios y permiten visualizar las temperaturas y presiones de vapor de cada capa de material.

TEMP.DE CADA CAPA		DIF.TEMP	R.S.(n)	R.S.Tot.	Temp.Real
T INT	18.00				18.00
1º CARA	18.00				18.00
T 1	18.00		0.130		16.97
T 2	16.97		0.027		16.75
T 3	16.75		0.055		16.32
T 4	16.32		0.031		16.07
T 5	16.07		1.429		4.72
T 6	4.72		0.143		3.59
T 7	3.59	14.90	0.022	1.876	3.42
T 8	#N/A		0.000		#N/A
T 9	#N/A		0.000		#N/A
T 10	#N/A		0.000		#N/A
T 11	#N/A		0.000		#N/A
ULT.CARA	3.42		0.040		3.10
T EXT	3.10				3.10

Fig.8.41 Valores intermedios de temperaturas para las distintas capas.

PRES.VAP. CADA CAPA		DIF.P.V.	R.Vap(n)	R.VapTot	Pres.Vap.	TemRoc.
P INT	1.63				1.63	
1º CARA	1.63				1.63	13.42
P 1	1.63				1.63	13.42
P 2	1.63		0.568		1.61	13.23
P 3	1.61		0.625		1.58	13.01
P 4	1.58		15.385		1.00	6.13
P 5	1.00		5.000		0.81	3.03
P 6	0.81		1.625		0.75	1.90
P 7	0.75	0.90	0.568	23.771	0.73	1.50
P 8	#N/A		0.000		#N/A	#N/A
P 9	#N/A		0.000		#N/A	#N/A
P 10	#N/A		0.000		#N/A	#N/A
P 11	#N/A		0.000		#N/A	#N/A
ULT.CARA	0.73				0.73	
P EXT	0.73				0.73	

Fig. 8.42 Valores intermedios de resistencia al paso de vapor y temperatura de rocío.

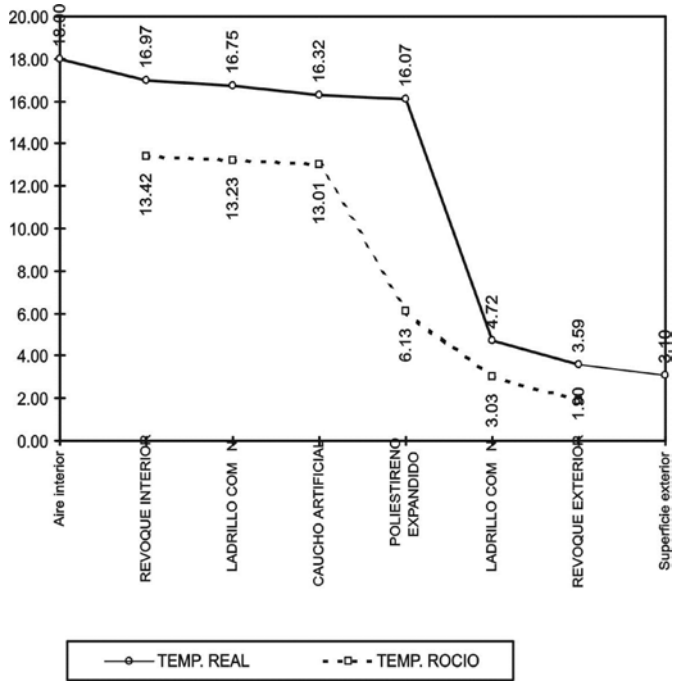


Fig. 8.43 Gráfica para verificación de riesgo de condensación de hoja VERIFICA.

Es muy importante considerar la ubicación relativa de las barreras de vapor y de los elementos aislantes en los muros o techos compuestos, y verificarlos frente a posibles riesgos de condensación superficial e intersticial en todos los casos.

A modo de ejemplo sobre lo anterior, desarrollamos los cálculos para un mismo tipo de muro, cambiando solamente la ubicación de la barrera de vapor, que es una simple pintura de base asfáltica, aplicada en un caso sobre la superficie interna del muro exterior y en la superficie exterior del muro interior, en el otro.

Vemos en las figuras como se verifica la ausencia de condensación superficial e intersticial, para el primer caso, no verificándose el riesgo de condensación intersticial en el segundo.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE

VERIFICA K	SI/NO	VERIFICA QUE NO CONDENSA	
MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.
RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.
ECOLOGICO	NO VERIFICA		

Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica $m^2.K/W$	Peso Espec. Kg/m^3	Peso Unit. Kg/m^2	Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia $g/m^2.h.kPa$	Resist. vapor tot. $m^2.h.kPa/g$	Presión vapor kN/m^2	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		*Ver Planilla*				*Ver Planilla*	*Ver Planilla*		1.72	18.00	
	R.S.I.		*CONDUC*	0.130			*PERM*	*PERM*				
										1.72	14.14	11.48
1	PINTURA AL LATEX	0.0001	0.160	0.001	1050	0.1		1.1300	0.88			
										1.46	14.12	9.03
2	REVOQUE RÚST. Y FINO	0.0250	0.930	0.027	1900	47.5	0.044		0.57			
										1.29	13.33	7.20
3	LADRILLO COMUN	0.0500	0.810	0.062	1600	80.0	0.130		0.38			
										1.18	11.49	5.83
4	PINTURA ASFALTICA	0.0001	0.035	0.003	25	0.0	0.015		0.01			
										1.18	11.41	5.80
5	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.0400	0.160	0.250	1100	44.0		1.0800	0.93			
										0.91	3.99	1.99
6	LADRILLO COMUN	0.1500	0.810	0.185	1600	240.0	0.130		1.15			
										0.57	-1.51	-3.92
7	PINTURA A LA CAL	0.0001	0.700	0.000	1400	0.1		75.0000	0.01			
										0.57	-1.51	-4.00
8										#N/A	#N/A	#N/A
9										#N/A	#N/A	#N/A
10										#N/A	#N/A	#N/A
11										0.57	-2.70	
	R.S.E.			0.040								
	AIRE EXTERIOR									0.57	-2.70	
				Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.			
	Espesor Total:	0.265		0.697	1.434	411.75			3.938			

Fig. 8.44 Planilla de cálculos para muro compuesto, con pintura asfáltica en la cara interior del muro exterior.

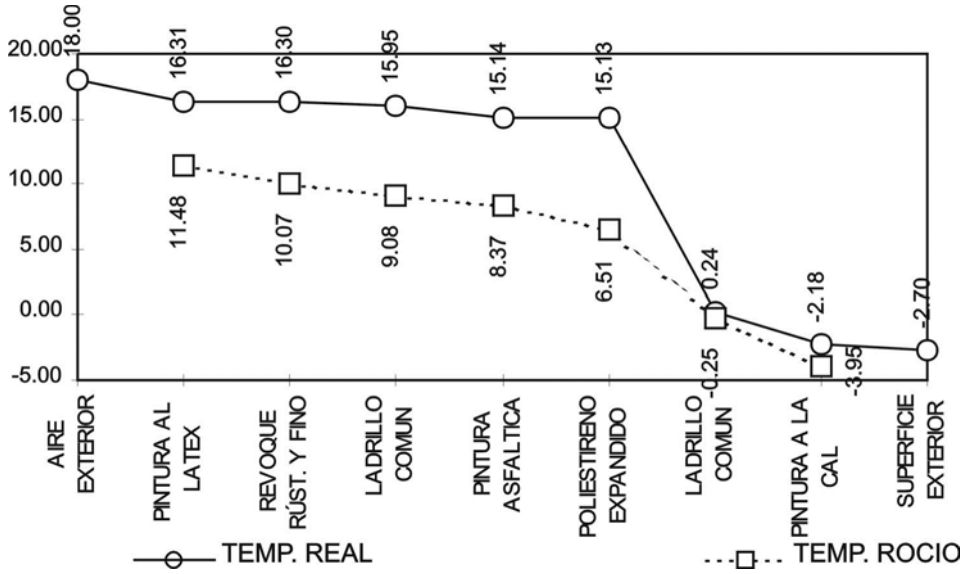


Fig. 8.45 Gráfica de las temperaturas reales y de rocío, para el cálculo anterior.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE

VERIFICA K	SI/NO
MINIMO	SI VERIFICA
RECOMEN.	SI VERIFICA
ECOLOGICO	NO VERIFICA

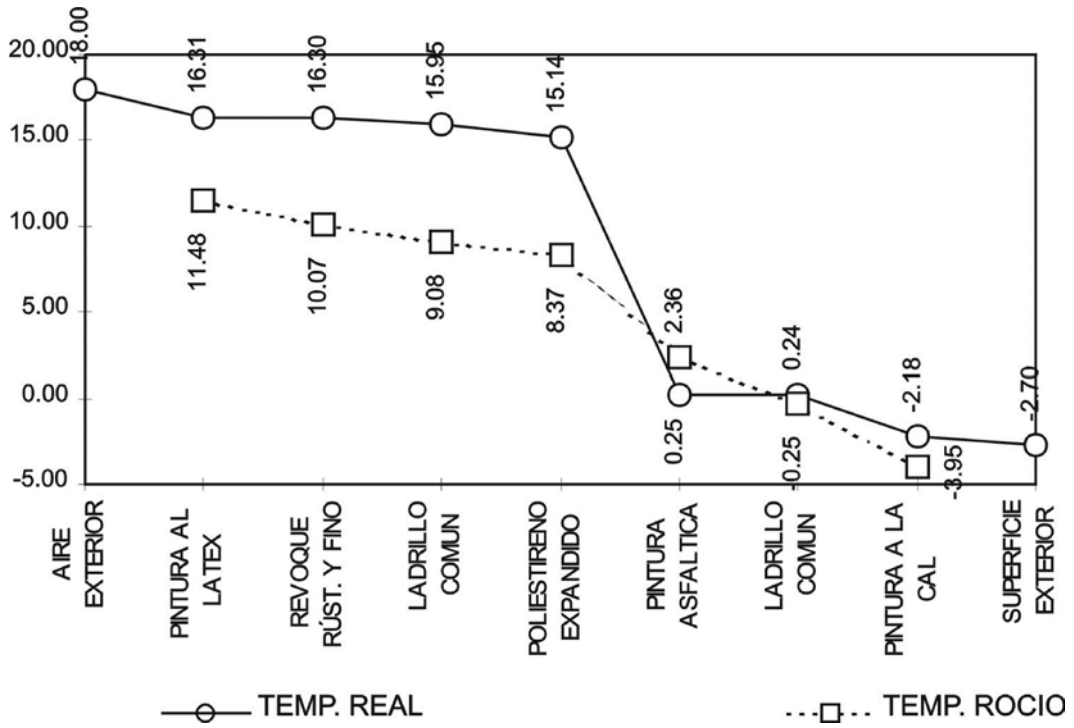
VERIFICA QUE NO CONDENSA	
SUPERFICIAL	SI VERIF.
INTERSTICIAL	NO VERIF.

Nº Elem.	CAPAS	Espe-sor m	Conduc-tividad W/m.K	Resist. térmica $m^2.K/W$	Peso Espec. Kg/m^3	Peso Unit. Kg/m^2	Permea-bilidad g/m.h.KPa	Per-meancia $g/m^2.h.kPa$	Resist. vapor tot. $m^2.h.kPa/g$	Presión vapor kN/m^2	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		*Ver Planilla*				*Ver Planilla*	*Ver Planilla*		1.72	18.00	
	R.S.I.		*CONDUC*	0.130			*PERM*	*PERM*				
										1.72	16.31	11.48
1	PINTURA AL LATEX	0.0001	0.160	0.001	1050	0.1		1.1300	0.88			
										1.56	16.30	10.07
2	REVOQUE RÚST. Y FINO	0.0250	0.930	0.027	1900	47.5	0.044		0.57			
										1.46	15.95	9.08
3	LADRILLO COMUN	0.0500	0.810	0.062	1600	80.0	0.130		0.38			
										1.40	15.14	8.37
4	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.0400	0.035	1.143	25	1.0	0.015	1.0800	2.67			
										0.93	0.25	2.36
5	PINTURA ASFALTICA	0.0001	0.160	0.001	1100	0.1		1.0800	0.93			
										0.77	0.24	-0.25
6	LADRILLO COMUN	0.1500	0.810	0.185	1600	240.0	0.130		1.15			
										0.57	-2.18	-3.95
7	PINTURA A LA CAL	0.0001	0.700	0.000	1400	0.1		75.0000	0.01			
										0.57	-2.18	-4.00
8										#N/A	#N/A	#N/A
9										#N/A	#N/A	#N/A
10										#N/A	#N/A	#N/A
11										0.57	-2.70	
	R.S.E.			0.040								
	AIRE EXTERIOR									0.57	-2.70	

Espesor Total:	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.
0.265	1.588	0.630	368.86	6.598

Fig. 8.46 Planilla de cálculos para muro compuesto, con pintura asfáltica en la cara exterior del muro interior.

Fig. 8.47 Gráfico correspondiente al cálculo anterior.



BIBLIOGRAFÍA

• Alemany Barreras A. y otros, (1986) "Climatología, iluminación y acústica. Aplicación en la arquitectura", Ediciones ISPJAE, La Habana.

• Aroztegui J.M., (1991) "Método simplificado para previsión de temperaturas internas en condiciones cíclicas estacionarias", Facultad de Arquitectura, Montevideo.

• Bocanegra A. y otros (1972) "La cubierta y el control térmico de la vivienda", Instituto de Arquitectura y Urbanismo, FAU-Universidad Nacional de Mendoza.

• Evans M. y otros, (1980) "Comportamiento térmico de paredes y techos", Secretaría de Estado de desarrollo urbano y vivienda", Buenos Aires.

• Evans J.M., (1980) "Housing, climate and comfort", John Wiley and Sons, New York.

• Givoni B., (1976) "Man, climate and architecture", Applied Science Publisher, London.

• Gonzalo G.E., Ledesma S.L. y V.M. Nota, (2001) "Habitabilidad en edificios. Propuestas de normas para Tucumán", Santamarina, Tucumán.

• Gonzalo G.E., (1998) "Manual de Arquitectura Bioclimática", Ed. Arte-Color, Tucumán.

• Gonzalo G.E., (1990) "Energía, bioclima y arquitectura", Ed.ACFAU, Tucumán.

• Gonzalo G.E., (1989) "Sistema lógico para el cálculo de propiedades termofísicas de elementos constructivos: K - Retardo - Amortiguamiento y C.T.T.", FAU-UNT, Tucumán.

• Gonzalo G.E., (1996) "Transmisión térmica", FAU-UNT, Tucumán.

• Herzog T. (editor),(1996) "Solar energy in architecture and urban planning", Prestel, Munich.

• Izard J.L. y A. Guyot, (1980) "Arquitectura Bioclimática", Gustavo Gili, Barcelona.

• Koenisberger O.H. y otros, (1977) "Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales", Paraninfo, Madrid.

• Mascaró L.R., (1991) "Energia na edificação", Projeto Editores Asociados Ltda., São Paulo.

• Muñoz Martialay R., (1970) "Variación de la conductibilidad térmica de los materiales en función de su densidad aparente", Instituto Eduardo Torroja, Madrid.

• Neila González F.J. y C. Bedoya Frutos, (1997) "Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental", Ed. Munilla-Lería, Madrid.

• Serra R., (1999) "Arquitectura y Climas", Gustavo Gili SA, Barcelona.

• Wong H.Y., (1981) "Transferencia de calor para ingenieros", Editorial Geminis SRL, Buenos Aires.

REFERENCIAS

• Adalberth K. (1997) "Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: a method", Building and Environment, Vol.32, N°4, pp. 317-320, Elsevier Science Ltd, Great Britain.

• Adalberth K. (1997) "Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: examples", Building and Environment, Vol.32, N°4, pp. 321-329, Elsevier Science Ltd, G7reat Britain.

• Cole R.J. Y P.C.Kernan (1996) "Life-cycle energy use in office buildings", Building and Environment, Vol.31, N°4, pp. 307-317, Elsevier Science Ltd, Great Britain.

• Chaudhury N.K.D. (1964) "Transient thermal response of buildings", Int.J.Heat Mass Transfer, Vol.7.

• Eichler F. (1973) "Patología de la Construcción", Biblioteca Técnica de la Construcción, Editorial Blume, Barcelona.

• Evans J.M., (1980) "Housing, climate and comfort", John Wiley and Sons, New York.

• Evans J.M. (1980) "Comportamiento térmico de paredes y techos",SEDUV, Buenos Aires.

• Givoni B. (1976) "Man, climate and architecture", Applied Science Publisher, London.

• Gonzalo G.E. (1986) "Arquitectura bioclimática: "Transmisión térmica", FAU-UNT, Tucumán.

• Gonzalo G.E. (1989) "Soporte lógico para el cálculo de propiedades termofísicas de elementos constructivos: K-Retardo-Amortiguamiento y CTT", FAU-UNT, Tucumán..

• Gonzalo, G.E. y V.Nota - C.Martínez (colaboradoras), (1996) "Planilla electrónica para el cálculo de la transmitancia térmica, retardo y amortiguamiento", IAA-FAU-UNT, Tucumán.

• Gonzalo G.E. (1999) "Comparación de espesores de aislación térmica, color y peso, para S.M. De Tucumán, Tafí del Valle y Río Gallegos, IAA-FAU-UNT, Tucumán, inédito.

• Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. y otros, (2000) "Habitabilidad en edificios: propuestas de normas para Tucumán, Santamarina, Tucumán.

• Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. y otros,(2000) "Propuestas de Normas para el acondicionamiento térmico de edificios para la Provincia de Tucumán", Actas XXIII Congreso de Asades, Resistencia, Chaco.

• Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V. y Martinez C. "Actualización del programa computacional para verificación del riesgo de condensación en cerramientos exteriores", Actas XXIII Congreso de Asades, Resistencia, Chaco, Octubre de 2000.

• Gonzalo G.E. y C.F. Martínez, "Condensación en edificios. Factor de riesgo para la salud de los ocupantes y la conservación de las construcciones", publicado en www.trama.com.ec, Revista Trama en Internet, Ecuador, Enero 2001.

• Hoffman M.E., (1976) "Prediction for indoor temperatures", en Givoni B., "Man, climate and architecture", Applied Science Publisher, London.

• IRAM 11601 (1996) "Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

• IRAM 11559 (1994) "Acondicionamiento térmico de edificios. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

• IRAM11564 (1995) "Acondicionamiento térmico de edificios. Método de determinación de la transmitancia térmica mediante el aparato de caja caliente", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

• IRAM 11625 (1991) "Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua, superficial e intersticial, en muros, techos y otros elementos exteriores de edificios", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

• IRAM 11603 (1996) "Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

• IRAM 11604 (1997) "Esquema 3.a de Norma: Acondicionamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

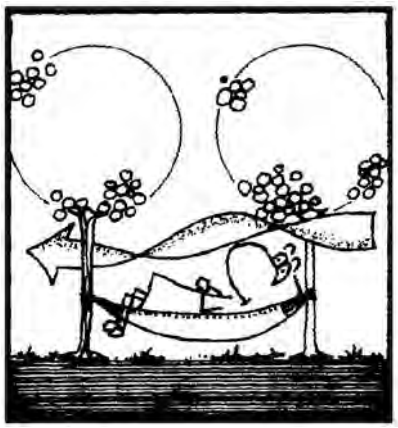
• IRAM 11605 (1996) "Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos", Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

• Koenisberger O.H. y otros (1977) "Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales", Paraninfo, Madrid.

• Martinez C.F., Gonzalo G.E., (2001) "Análisis del comportamiento higrotérmico de los cerramientos exteriores en viviendas del IPV en San Miguel de Tucumán". Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen: 5, páginas 05.19-05.24.

• Raychoudhury B.C. (1965) "Transient thermal response of enclosures: the integrated thermal time-constant", International Journal Heat Mass Transfer, Vol.8.

9 VENTILACIÓN NATURAL



VENTILACIÓN NATURAL EN INTERIORES Y EXTERIORES DE EDIFICIOS

Haciendo de las nubes carro tuyo, sobre las alas del viento te deslizas, tomas por mensajeros a los vientos.

SALMO 104-3

Cuando sopla el viento, las cañas cantan, y uno se duerme con música.

HUGO WAST

INTRODUCCIÓN

Las características del movimiento de la tierra que estudiamos en capítulos anteriores, así como la discontinuidad de su superficie, hacen que las diversas zonas expuestas a la radiación solar sean calentadas en forma diferente y este desequilibrio de energía calórica genera un movimiento de aire sobre la superficie de la tierra, fenómeno que denominamos viento.

El calentamiento desigual de la superficie terrestre origina una diferencia de presión atmosférica entre dos zonas, y esto introduce un vector de movimiento en las masas de aire que tienden a dirigirse de una zona de alta presión (anticiclón) a otra de baja presión (ciclón) para anular las diferencias. Cuando mayor sea este gradiente de presión, mayores serán las fuerzas de impulso y por lo tanto más fuerte el viento.

Si la tierra permaneciera inmóvil y solo interviniese el gradiente de presión, se originarían células convectivas con desplazamientos de masas de aire sobre la superficie que tendrían dirección sur-norte en el hemisferio sur y norte-sur en el hemisferio norte. Pero como el planeta se mueve y completa una rotación en 24 horas con velocidades distintas del ecuador a los polos, se origina una fuerza desviadora denominada fuerza de Coriolis en donde la magnitud de la aceleración aparente de las partículas de aire va a depender de la velocidad de la partícula en relación con la superficie y de la latitud (nula en el Ecuador, máxima en los polos)

Otro factor que influye en el comportamiento de los vientos es la fuerza de rozamiento o fricción que retarda el movimiento de avance de una masa de aire sobre la superficie, fuerza que será mayor a medida que la capa en contacto con la superficie alcance mayor turbulencia. Esto también va a traer asociado una menor temperatura y mayor limpieza, estabilidad y constancia de los vientos a medida que nos alejamos de la superficie.

Los factores indicados que afectan el movimiento del aire no son fáciles de calcular y predecir, y la mayoría de las veces no tienen una constancia en el tiempo; y si a esto le agregamos la influencia de otros fenómenos atmosféricos tales como: granizo, lluvia, nieve, nubes, etc.; vamos a ver que el viento se comporta como un elemento casi aleatorio con respecto a los edificios.

A fin de poder encontrar valores de diseño y de esta manera proyectar la ventilación natural en los edificios, se recurre entonces a valores promedios sobre la base de los datos que registran las estaciones meteorológicas.

DATOS METEOROLÓGICOS

Para medir la velocidad y dirección del viento se utilizan aparatos que van desde la simple veleta a complicados mecanismos de medición y registro electrónico. Las estaciones meteorológicas, dependiendo de su equipamiento, registran la dirección y velocidad del viento y a la velocidad la establecen mediante la escala de los efectos perceptibles de Beaufort o por su valor en nudos o Km/h.

Para medir velocidad también se usa el anemómetro de copas, que puede ser electromecánico o electrónico. Los aparatos registradores van desde los totalizadores mecánicos a registradores electromagnéticos o electrónicos.

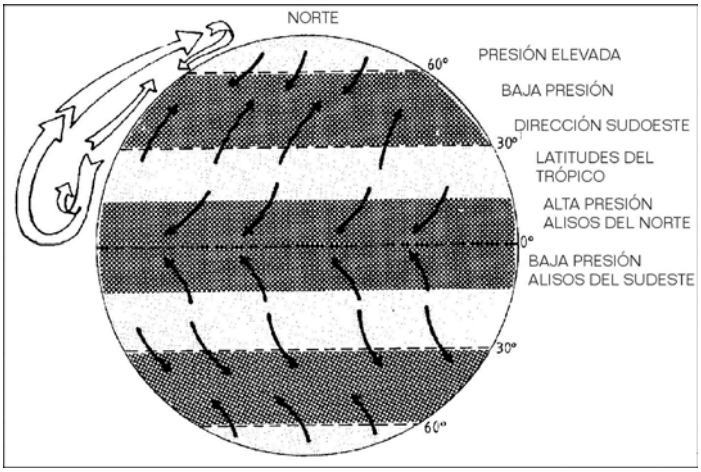


Fig. 9.1 Movimientos de masas del aire en el ámbito mundial.

El instrumento de medición más simple es la veleta con anemómetro pendular, efectuándose observaciones a determinadas horas del día (9, 15 y 21) y luego promediando estas anotaciones en forma anual refiriéndolas a la escala convencional de 1000.

El servicio meteorológico Nacional publica sus "Estadísticas Climatológicas" en donde la evaluación de los vientos para determinada localidad se tabula en cuanto a su velocidad y frecuencia, indicando este último valor las direcciones del viento reducida a la escala convencional de 1000.

Como esta tabulación no es de fácil visualización en cuanto al comportamiento de los vientos, se desarrollaron gráficos que nos permiten entender la influencia de los vientos para una localidad.

Estos gráficos se pueden resumir en:

A.- Rosa de los vientos: indica la dirección desde donde sopla el viento, con su valor promedio de frecuencia y velocidad.

B.- Gráficos de velocidad: los datos de velocidad promedio se pueden expresar sobre la rosa de los vientos o en forma de barras, etc.

C.- Viento resultante: Asumiendo la frecuencia de vientos sacada de la rosa de los vientos como vectores, podemos encontrar la resultante que nos indicaría el viento predominante de una localidad.

Un análisis de este tipo realizado para San Miguel de Tucumán (Gonzalo G.E., R.E. Gonzalo y N.I.Escaño, 1981) lo podemos ver en la próxima figura. Para realizar un análisis gráfico de las frecuencias y velocidades del viento, se puede utilizar el programa siguiente.

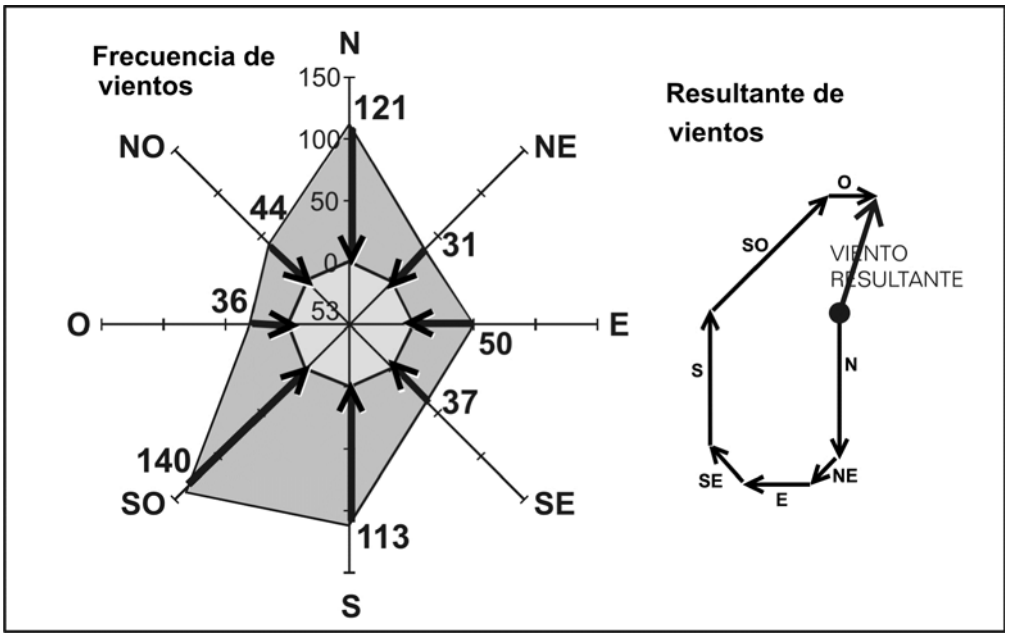


Fig. 9.2 Rosa de los vientos y viento resultante para S.M. de Tucumán (anual)

En la figura anterior: Rosa de los vientos y viento resultante para S.M. de Tucumán (anual). Datos del Servicio Meteorológico Nacional, 1971-1980. Para obtener el viento resultante se realiza una suma de vectores, según el siguiente procedimiento: 1. Se adoptan los valores de frecuencias de vientos según la orientación, como vectores. 2. Se realiza una suma de vectores, manteniendo la escala de los mismos. La resultante del polígono de fuerzas, indica la orientación y el valor del viento predominante para la localidad en análisis.

PROGRAMA CEEMAVIENTOS.XLS

El objetivo del desarrollo de este programa fue crear una herramienta para facilitar los estudios de ventilación natural, permitiendo la graficación de la rosa de los vientos, las frecuencias de vientos y calmas, y la velocidad de los vientos para las ocho orientaciones.

El uso de este programa es muy simple, ya que solamente se deben introducir los valores de frecuencias de vientos para los distintos meses del año y para las ocho orientaciones de la rosa de los vientos (frecuencias en escala de 1000). Luego los valores de velocidad de viento, en Km/h, para los mismos periodos.

El programa realiza los gráficos de rosa de vientos, según frecuencia y velocidad, para los periodos: anual, frío y cálido.

La especificación de periodo frío y cálido pueden modificarse, contemplando el programa como periodo frío los meses de mayo, junio y julio, y como periodo cálido los meses de diciembre, enero y febrero.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

INGRESAR LATITUD :	26.51	INGRESAR ALTURA SNM :	450
INGRESAR LONGITUD :	65.06	INGRESAR PERIODO :	1981-1990
INGRESAR NOMBRE DE LA LOCALIDAD:	TUCUMÁN AERO		

FRECUENCIAS DE VIENTOS SEGUN DIRECCIONES, EN ESCALA DE 1000

ORIENTACION	SIMB	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
NORTE	N	194	192	142	139	190	198	210	221	179	138	130	159
NOR-ESTE	NE	65	57	65	62	54	33	41	44	45	61	59	56
ESTE	E	125	133	116	95	84	66	73	90	104	106	105	102
SUD-ESTE	SE	51	58	62	65	43	67	41	57	64	57	51	49
SUR	S	84	75	84	97	88	83	108	91	124	119	123	87
SUD-OESTE	SW	91	89	108	105	92	89	93	97	121	137	149	129
OESTE	W	84	101	84	80	71	69	74	84	117	101	98	100
NOR-OESTE	NW	58	64	54	37	49	68	72	76	57	45	44	52
CALMA	CAL	248	231	285	320	329	327	288	240	189	236	241	266

Fig. 9.3 Datos meteorológicos para la construcción de las rosas de vientos del programa VIENTOS.XLS

VELOCIDAD DE VIENTOS SEGUN DIRECCIONES, EN Km/h

ORIENTACION	SIMB	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
NORTE	N	11	11	9	8	9	9	10	9	9	10	11	12
NOR-ESTE	NE	14	13	11	10	10	8	10	11	11	15	14	14
ESTE	E	15	15	12	11	9	9	10	11	14	16	16	14
SUD-ESTE	SE	12	12	10	9	8	7	9	10	11	13	12	12
SUR	S	13	12	11	9	8	8	10	12	13	13	13	13
SUD-OESTE	SW	13	14	10	9	9	9	8	10	11	12	11	12
OESTE	W	11	11	9	8	7	7	8	9	10	10	12	11
NOR-OESTE	NW	10	12	11	10	8	10	9	10	13	11	13	12

Fig. 9.4 Datos meteorológicos para la construcción de las rosas de vientos del programa VIENTOS.XLS

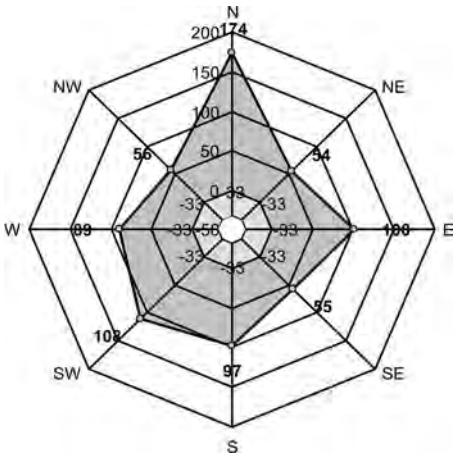


Fig. 9.5 Rosa de los Vientos: frecuencias de vientos (+) y calmas (-) promedio anual.

Estación: Tucumán Aeropuerto.

Latitud: 26.51

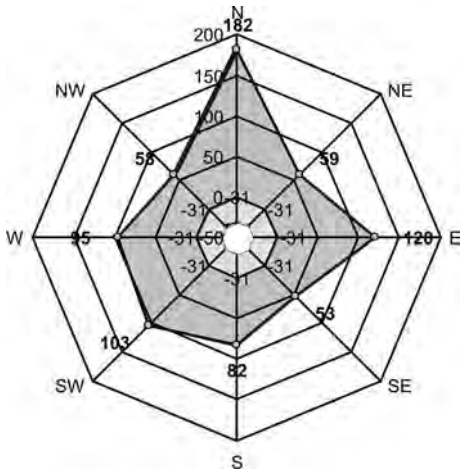
Longitud: 65.06

Altura Sobre el Nivel del Mar: 450 m.

Periodo: 1981-90

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Fig. 9.6 Rosa de los Vientos: frecuencias de vientos (+) y calmas (-) promedio para el periodo cálido.
Estación: Tucumán Aeropuerto.
Latitud: 26.51
Longitud: 65.06
Altura Sobre el Nivel del Mar: 450 m.
Periodo: 1981-90
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.



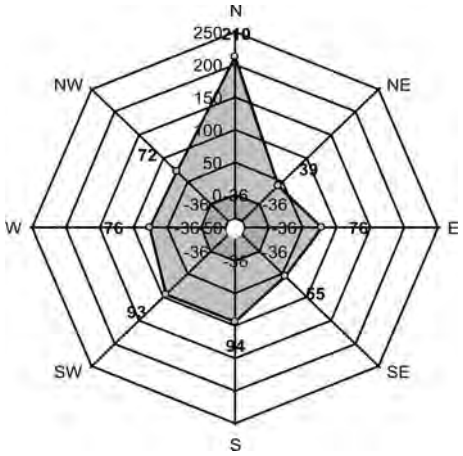


Fig. 9.7 Rosa de los Vientos: frecuencias de vientos (+) y calmas (-) promedio para el periodo frío.
Estación: Tucumán Aeropuerto.
Latitud: 26.51
Longitud: 65.06
Altura Sobre el Nivel del Mar: 450 m.
Periodo: 1981-90
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

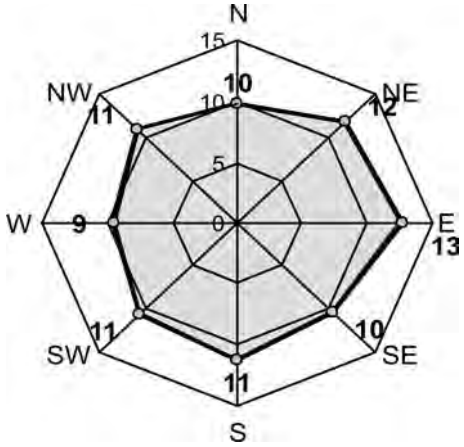
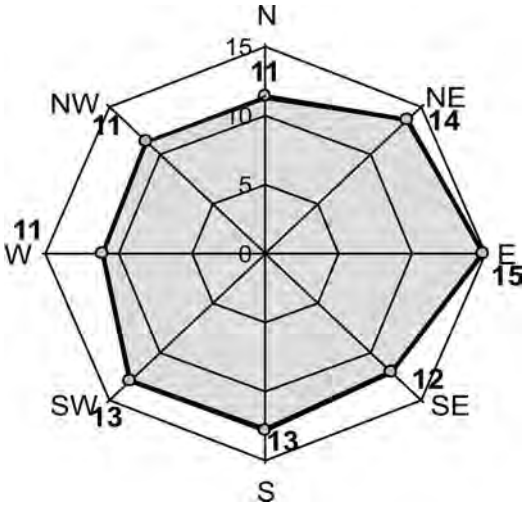


Fig. 9.8 Rosa de los Vientos: velocidades de vientos para el periodo anual.
Estación: Tucumán Aeropuerto. Latitud: 26.51- Longitud: 65.06 - Altura Sobre el Nivel del Mar: 450 m. - Periodo: 1981-90
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Fig. 9.9 Rosa de los Vientos: velocidades de vientos para el periodo cálido.



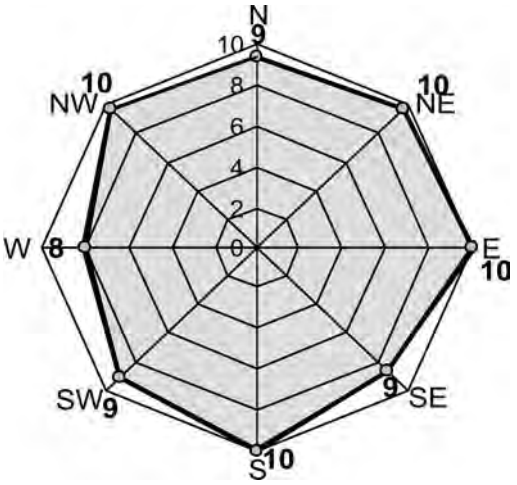
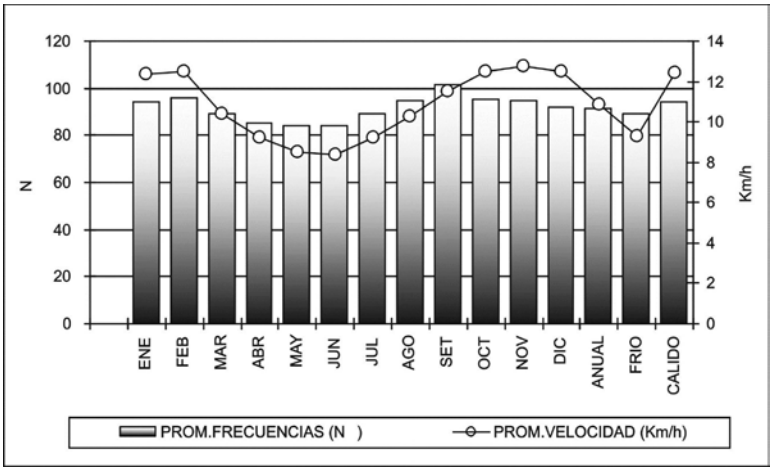


Fig. 9.10 Rosa de los Vientos: velocidades de vientos para el periodo frío.

Fig. 9.11 Promedio anual de frecuencias de vientos y velocidad, en todas las orientaciones.

Estación: Tucumán Aeropuerto. Latitud: 26.51- Longitud: 65.06 - Altura Sobre el Nivel del Mar: 450 m. - Periodo: 1981-90. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.



Podemos comparar la influencia que tiene el conocimiento preciso del comportamiento de los vientos, comparando las anteriores rosa de vientos, con los siguientes gráficos esquemáticos para otras localidades.

Los polígonos que se muestran en las rosas de los vientos, nos estarán indicando hacia donde deberemos orientar los frentes principales y las aberturas para ventilación natural, en el caso de que sea necesario aprovechar los vientos, según las características climáticas generales de la localidad, o bien protegernos de los mismos, cuando tengamos climas fríos o se presenten condiciones particulares, como pueden ser la presencia de elementos cercanos contaminantes, frecuentes tormentas de arena, etc.

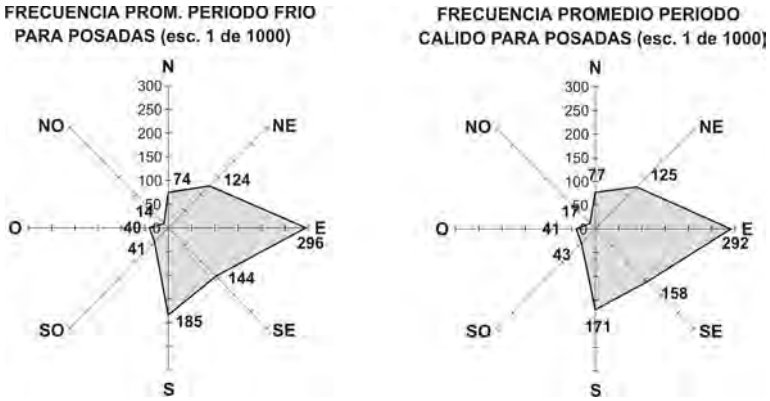


Fig. 9.12 Frecuencias de vientos esquemáticas para periodo cálido y frío para Posadas.

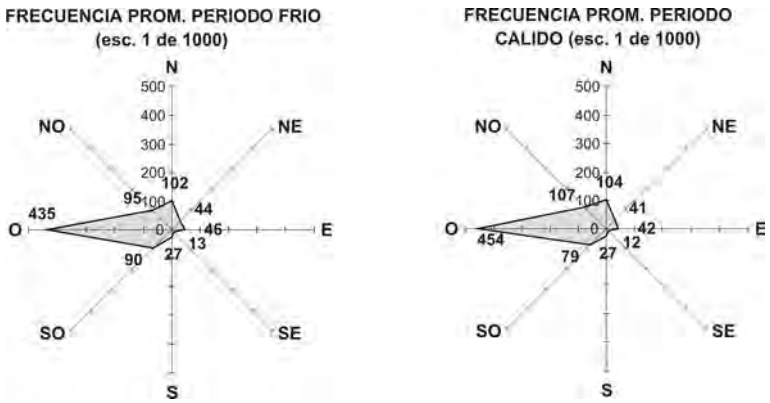


Fig. 9.13 Frecuencias de vientos esquemáticas para periodo cálido y frío para Río Gallegos.

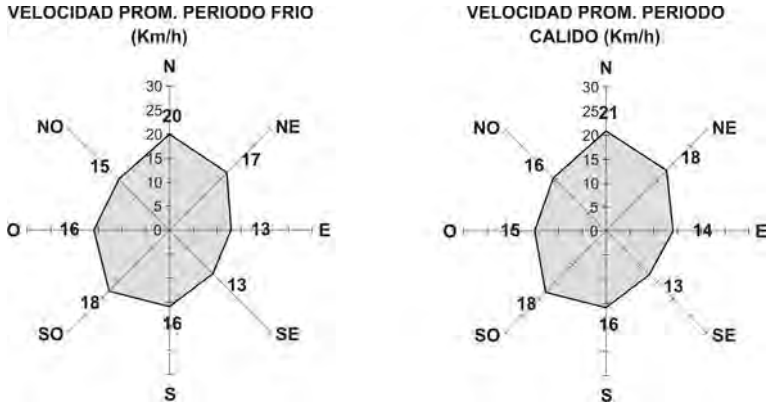


Fig. 9.14 Velocidad de vientos esquemáticas para periodo cálido y frío para Posadas.

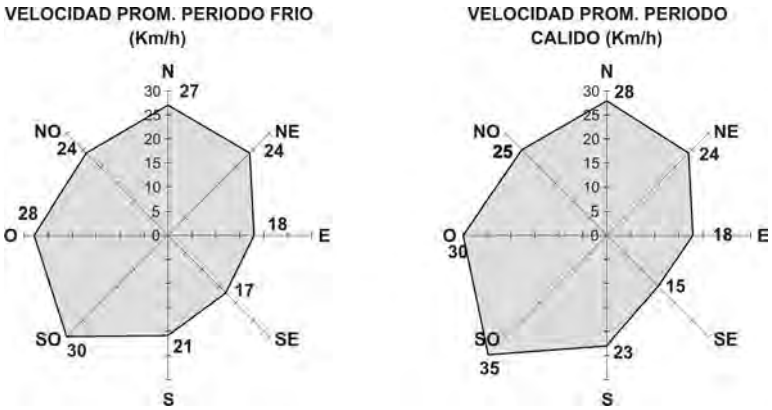


Fig. 9.15 Velocidad de vientos esquemáticas para periodo cálido y frío para Río Gallegos.

EFECTOS DEL VIENTO

Conforme a la influencia que tenga sobre el hábitat y el hombre, nos interesará estudiar los distintos efectos del viento en relación con la arquitectura.

Quizá el más importante de los riesgos que implica sea el efecto mecánico que ejerce sobre los edificios y que debe ser considerado para el cálculo de estabilidad de las estructuras, estanqueidad de las carpinterías, etc. (para ello es necesario disponer de datos meteorológicos sobre intensidades máximas en largos períodos de tiempo).

En lo que respecta a nuestro análisis nos interesan los aspectos relacionados con el confort humano y que pueden dividirse en:

A) efectos sobre la planificación urbana.

B) efectos sobre la ventilación natural de edificios.

EFECTOS SOBRE LA PLANIFICACIÓN URBANA

Al considerar la influencia del viento sobre una concentración urbana debemos valorar los aspectos de contaminación atmosférica y confort de espacios exteriores con respecto a los efectos mecánicos del viento. La composición del aire puro es de aproximadamente un 21% de oxígeno y 78 % de nitrógeno, pequeñas cantidades de anhídrido carbónico, argón, helio, neón y porcentajes variables de vapor de agua y polvo atmosférico.

La creciente industrialización de las ciudades hace que vayan teniendo mayor influencia los contaminantes que el viento arrastra y que pueden afectar a núcleos urbanos incorrectamente ubicados, en cuanto a polución y olores.

No debemos olvidar los vientos característicos en diversas zonas que polucionan el ambiente por su arrastre de polvo ("tormentas de polvo") o cargas eléctricas (que afectan fisiológica y psíquicamente, generando nerviosismo y problemas de conducta).

En cuanto a las fuentes de contaminación industrial podemos citar las "Guías de diseño ambiental" (Secretaría de Estado de Urbanismo y Vivienda de la Nación, s/f):

"Las Normas básicas de desarrollo y diseño urbano exigen una distancia de 1000 metros entre los límites de un conjunto de viviendas y

usos del suelo que produzcan perturbaciones funcionales y ambientales que resulten incompatibles con el uso predominante residencial".

El nivel de polución en las formas de olores, polvo, hollín y humo, dependen de los siguientes factores:

A) tipo y características de la fuente de polución.

B) clima y microclima, especialmente régimen de vientos.

C) topografía.

D) distancia entre la fuente y las viviendas.

INDUSTRIAS	DISTANCIAS	PROBLEMA
fábrica de productos de tabaco	50 m	olor
panadería grande	50 m	olor
fábrica de productos de goma	100 m	olor y humo
fábrica de productos de madera	100 m	polvo
fábrica de productos lácteos	100 m	olor
destilería y cervecería	100 m	olor
fábrica de aceite vegetal	100 m	olor
fábrica de tanino	100 m	olor y polvo
fábrica de vinagre	200 m	olor
fábrica de ladrillos	200 m	polvo y humo
fábrica de pintura, barniz, etc.	300 m	olor
fábrica de jabón	300 m	olor
fábrica de harina de pescado	350 m	olor y polvo
secador de granos	400 m	polvo y olor
fábrica de carbón y coque	500 m	olor y humo
relleno sanitario	500 m	olor y polvo
fábrica de plomo	600 m	olor y humo
fábrica de productos bituminosos	700 m	olor y humo
fábrica de automotores	700 m	humo y polvo
fáb.de prod.metalúrgicos pesados	1000 m	polvo y humo
fábrica de cemento	1000 m	polvo
fábrica de productos asbestos	1000 m	polvo
basurales, depósitos de desechos	1000 m	olor y polvo
ingenio azucarero	1500 m	olor
Mataderos	1500 m	olor
fábrica de goma	1500 m	olor
refinería de petróleo	2000 m	o más olor y humo
fábrica de papel	2000 m	o más olor y polvo
fábrica metalúrgica	2000 m	o más polvo, humo

Fig. 9.16 Industrias, actividades y distancias necesarias para reducir problemas de olores y polución.

La distancia adecuada es probablemente la mejor manera de reducir la polución; aunque sobre este punto debiéramos decir que quizá la mejor manera sea establecer reglamentaciones de control de emisión de contaminantes y hacer que éstas se cumplan.

Las distancias aconsejables entre industrias y otros usos del suelo, y conjuntos de viviendas se muestran en la figura 9.16.

Los ríos, acequias y arroyos pueden ser los medios de transporte de polución, olores, etc. La solución está en el alejamiento de estos cursos contaminados y en el control de desechos arrojados a los mismos.

Esta forma de transporte se relaciona con los vientos dominantes ya que si bien se puede ubicar un conjunto urbano en dirección favorable con respecto a los vientos, los cursos de agua pueden inutilizar esta disposición.

Otro aspecto a considerar es la polución inherente a las concentraciones urbanas, tales como: vehículos, incineradores, basuras, etc. Frente a esto sólo podemos establecer la influencia relativa de los vientos y aconsejar el ordenamiento de vías de circulación en dirección de los vientos dominantes a efectos de evitar la concentración de polución y facilitar el arrastre y dilución de los contaminantes.

En concentraciones urbanas toma gran importancia la utilización de zonas de vegetación, espacios arbolados, preservación de bosques naturales, parques, jardines, etc., ya que la vegetación oxigena el aire al absorber anhídrido carbónico y emitir oxígeno por medio de la fotosíntesis.

También es muy importante el papel que cumple la vegetación en cuanto a limpiar el aire de impurezas por fijación electrostática y aceitosa de motas de polvo, además de humectar el aire y generar zonas frescas (2 a 4ºC menos que la temperatura exterior) por la evapotranspiración. Está de más destacar el efecto psicológico que cumple la vegetación en cuanto a la adecuación de la arquitectura al ambiente natural.

Según la distribución y condiciones de la vegetación o edificación, se pueden obtener distribuciones y velocidades de vientos muy distintas a las obtenidas de acuerdo con los datos meteorológicos.

Se debe considerar, además, el efecto de barrera cortavientos que tiene la vegetación. Cuando atraviesa una zona forestada el viento disminuye su velocidad en un 50% en los primeros 60 m y a un 7% a los 120 m. En caso de barreras angostas, Brooks determina los siguientes valores porcentuales de velocidad, en relación con la distancia tomada como múltiplo de la altura de la barrera. (Fig.9.18).

Es también importante atender a la altura de los edificios y su ubicación con respecto al medio circundante, al evaluar los distintos valores de temperatura, velocidad, polvo arrastrado humedad del desplazamiento de la capa límite que afecta a la velocidad según el grado de urbanización. (Figs. 9.19 y 9.20).

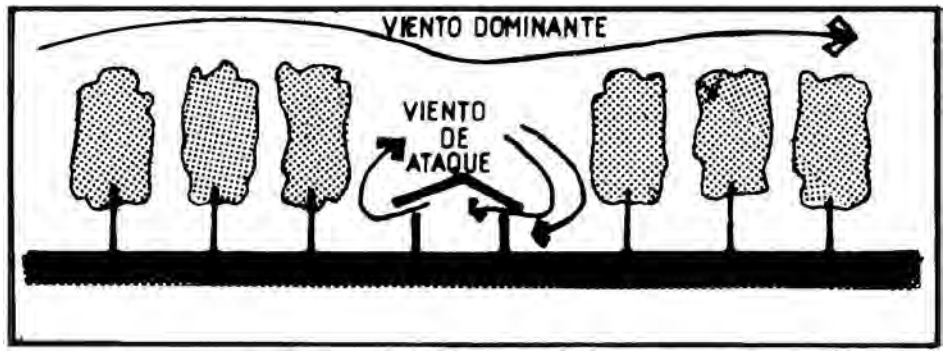


Fig. 9.17
Influencia de la vegetación.

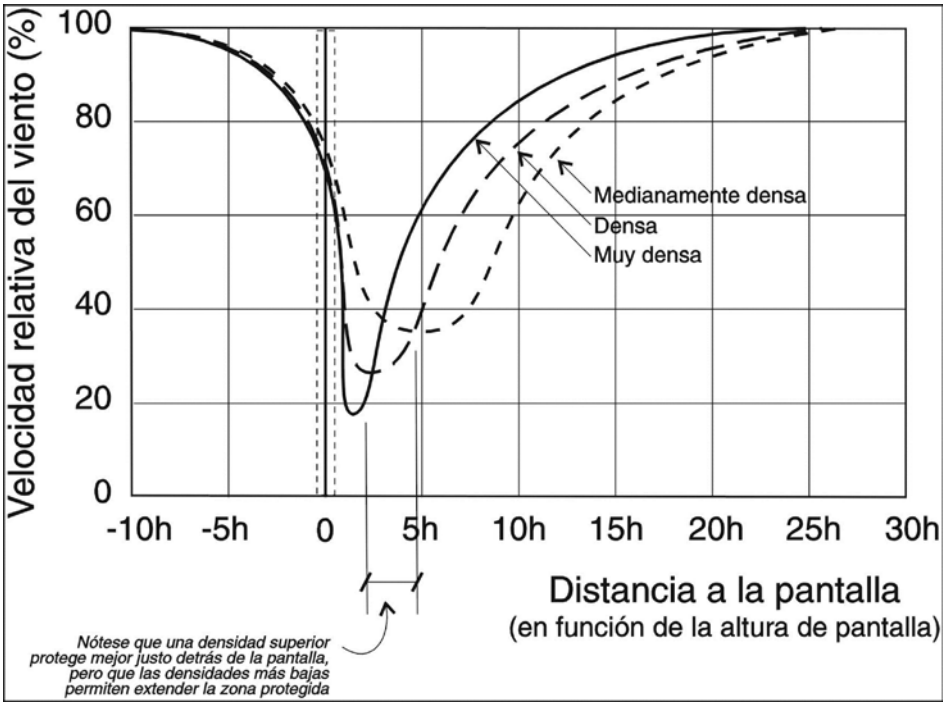


Fig. 9.18
Efecto de pantalla rompe vientos.

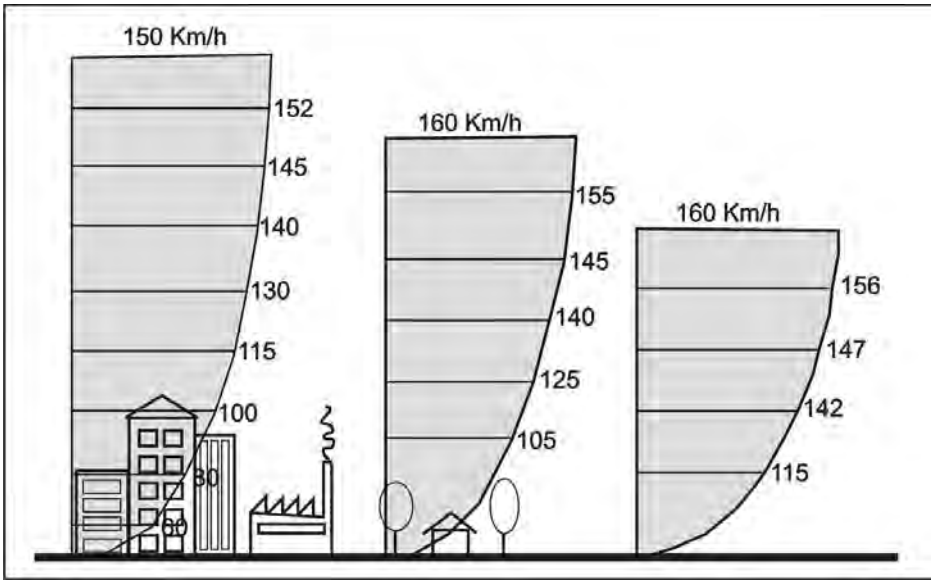


Fig. 9.19
Velocidades de vientos en altura según rugosidad del terreno.

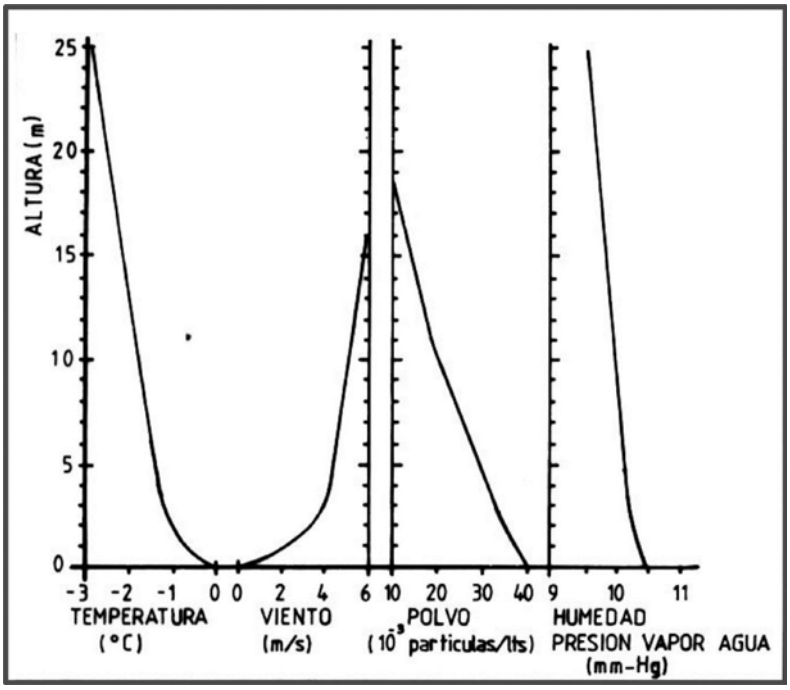


Fig. 9.20 Distribución en altura de variables de vientos.

Estudios realizados por el Centre de Recherches Methodologiques en Architecture et Amenagement, en colaboración con el C.S.T.B., (1978) por medio de un túnel de viento, encontraron los principales efectos de inconfort, en relación con la disposición y altura de edificios. Así tenemos:

Efecto de Venturi: colección de vientos por disposición de edificios, que provocan una aceleración considerable del flujo.

Efecto de canalización: no es en sí mismo un motivo de inconfort, sino que asociado a una anomalía (por ejemplo que el viento ingrese por efecto Venturi) transmite esta anomalía a lo largo de todo el recorrido.

Efecto de Barra: al tener un edificio de poco ancho y con una longitud equivalente a 8 veces o más la altura, se produce una caída en barrena del viento en la parte posterior, (con un ángulo de ataque de 45º) aumentando su velocidad y turbulencia.

Efecto de pilotes: aquí el viento choca con el edificio y accede a los orificios inferiores en situación difusa, pero sale de ellos como un chorro de aire. Este efecto se incrementa con la altura de los edificios, pero si la altura no supera los 5 niveles, prácticamente no existe.

Efecto de esquina: en los ángulos de los edificios, sobre todo si estos son elevados, se produce un efecto local de fuerte gradiente horizontal de velocidad.

Efecto de surco: se relaciona con el anterior y esta provocado por las distribuciones de presiones negativas y positivas alrededor del edificio. Las turbulencias y circulación invertida que provoca son altamente inconfortables.

El efecto apreciable de inconfort sobre peatones, de acuerdo con el estudio de Gandemer, (1978) en donde se integra la velocidad media del viento, la turbulencia y la frecuencia de rebosamiento de un umbral en función de la medición, se expresa:

Velocidad del Viento (m/s)	Efecto apreciable
1,5 a 3	Los rostros experimentan la sensación de viento.
3 a 4,5	Los cabellos se despeinan, las vestimentas amplias flamean al viento.
4,5 a 7	El polvo y los papeles se elevan, los cabellos son netamente despeinados.
7 a 9	La marcha es ligeramente perturbada.
9 a 11	La marcha se torna inestable.
11 a 14	Se experimentan grandes dificultades al caminar contra el viento.
14 a 17	De un modo general la progresión pedestre se vuelve difícil y peligrosa.
17 a 20	Riesgo de ser proyectado violentamente a tierra.

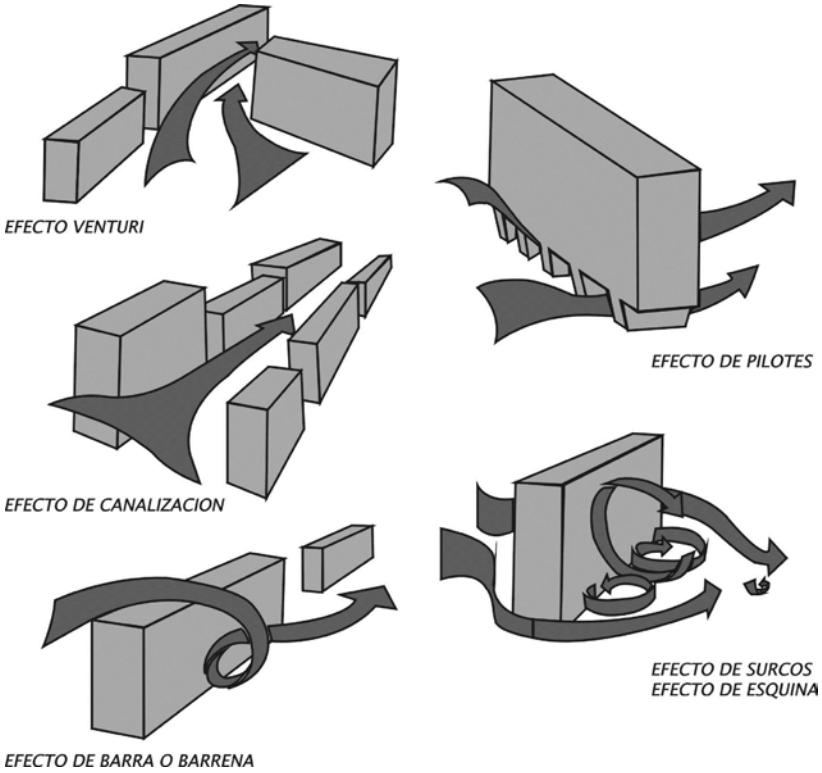


Fig. 9.21 Principales efectos de inconfort, en relación con la disposición y altura de edificios.

Nº	VIENTO	EFECTOS PERCEPTIBLES DEL VIENTO	VEL nudo	VEL Km/h	Sím.
0	CALMA	calma, el humo se eleva vertical	00	0	○
1	AIRE LIGERO	la dirección del viento es indicada por la columna de humo, pero no por las veletas	02	1,5-5	
2	SOPLO LIGERO	se nota el viento en el rostro, las hojas producen sonido, la veleta se mueve	05	6-11	
3	BRISA LIGERA	las hojas y ramas delgadas se dejan oir su rumor, una bandera se extiende al viento	08	12-19	
4	BRISA MODERADA	el viento levanta polvareda y se mueven ramas delgadas, vuelan hojas de papel.	13	20-29	
5	BRISA VIVA	los árboles no corpulentos se tambalean, se forman pequeñas olas en lagos estanques	18	30-39	
6	BRISA FUERTE	las ramas gruesas se mueven es difícil sostener el paraguas	24	40-50	
7	VIENTO VIVO	los arboles son sacudidos hay dificultad al caminar	30	51-61	
8	GRAN VIENTO	las ramas son arrancadas de los árboles, el viento impide caminar.	37	62-74	
9	VIENTO VIOLENTO	comienzan los daños en viviendas.	44	75-87	
10	VIENTO DE TEMPESTAD	son frecuentes árboles arrancados, daños graves	52	088-101	
11	FUERTE TEMPESTAD	mucha destrucción. se producen raras veces	60	102-116	
12	HURACÁN	región desvastada viento excepcional	68	117-132	

Fig. 9.22 Escala de vientos Beaufort.

EFECTOS SOBRE LA VENTILACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS

Sin descartar los efectos anteriormente indicados, que tendrán su importancia para la ventilación interna, estudiaremos la influencia de los campos ventilantes sobre la envolvente de un edificio y de éstos entre sí.

Comenzaremos viendo los parámetros exteriores, tales como la sombra de vientos, mediante los diagramas de flujos o representación de la trayectoria que sigue una masa de aire al chocar con un obstáculo (Bouwcentrum Argentina) y analizaremos la influencia de la medida de los edificios:

Ancho: al aumentar el ancho de una edificación, la profundidad de la zona de calma permanece constante.

Altura: al aumentar la altura de una edificación, aumenta la profundidad y altura de la zona de calma, en la misma proporción.

Relación ancho/altura: al disminuir esta relación se aumenta la profundidad de la zona de calma.

Longitud: a medida que se incrementa la longitud de una edificación, se aumenta la profundidad de la zona de calma.

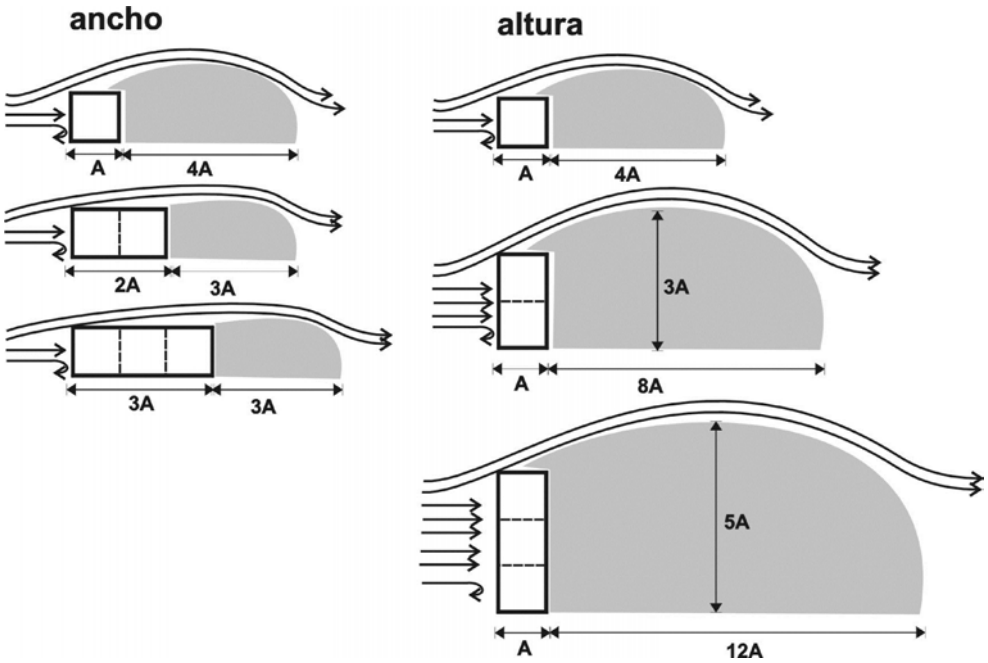


Fig. 9.23 Sombra de vientos: relaciones de ancho y altura.

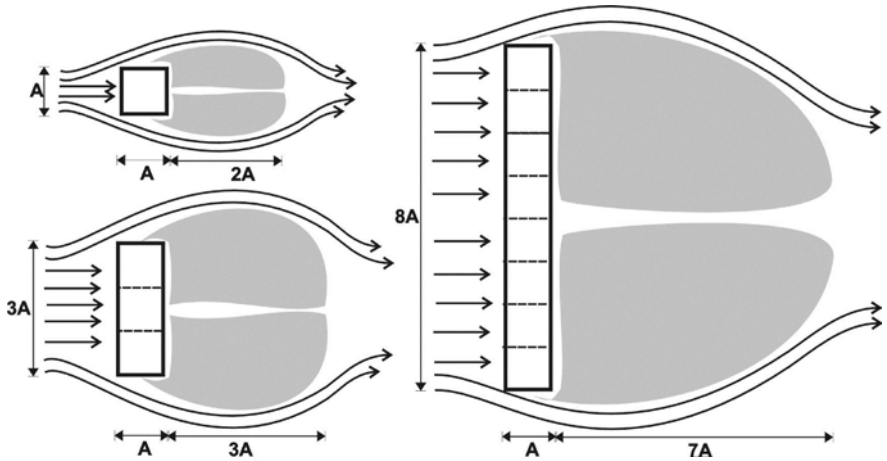


Fig. 9.24 Sombra de vientos según longitud. (altura ½ de A)

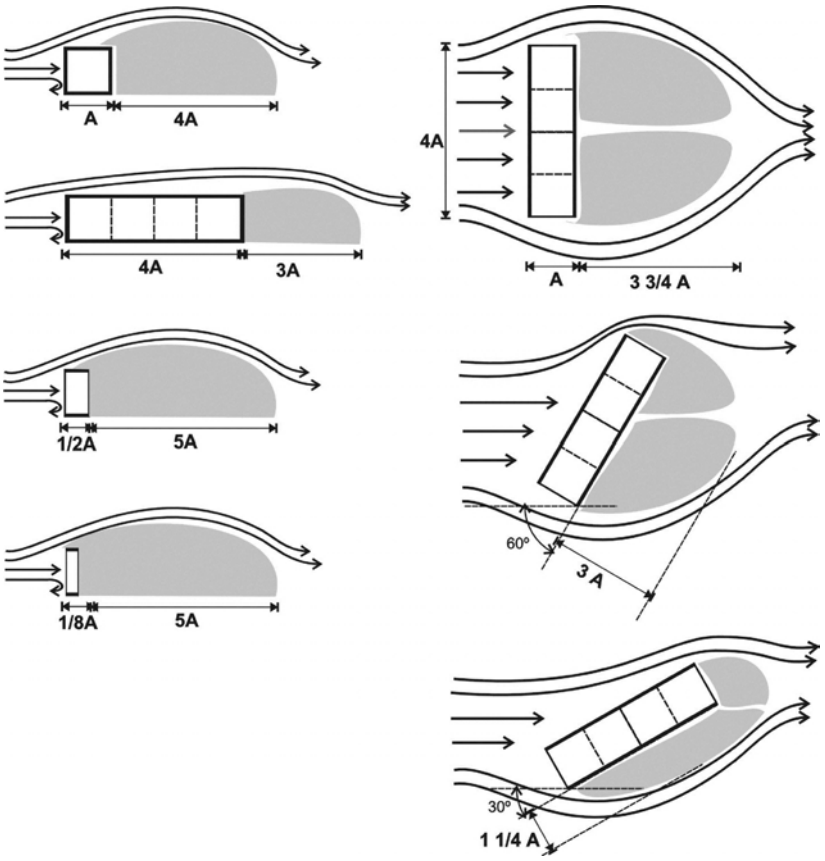


Fig. 9.25 Sombra de vientos: relaciones de ancho y altura.

PENDIENTE DEL TECHO

A) A favor: cuando la pendiente del techo está a favor del viento, los aumentos de pendiente producen pequeños aumentos en la profundidad de la zona de calma. Los aumentos en la altura de la zona de calma se producen a partir de pendientes de 30º.

B) En contra: cuando la pendiente del techo es contraria a la dirección del viento, los aumentos de pendiente hasta 30º producen pequeños aumentos en la profundidad de la zona de calma. Para pendientes mayores la profundidad de la zona de calma no sigue aumentando.

Ángulo de ataque: cada forma geométrica tiene una orientación con respecto a la dirección del viento que produce zonas de calma máximas o mínimas. En general cuando el ángulo de ataque se aproxime a 90º mayor será la zona de calma.

W.Knochenhauer, citado por Aronin J.E, determinó la influencia de caminerías y espacios verdes en las cercanías de los edificios.

Así también podemos determinar la forma y tipo de árboles, enfrentados a un acceso de aire, conforme al resultado que deseamos obtener (proteger o maximizar el efecto de los vientos exteriores).

La distribución de campos de presiones en una vivienda, junto con el calentamiento diferencial de las superficies exteriores e interiores, determinan el movimiento del aire en el interior de un local y su intercambio con el exterior. De acuerdo con la conformación volumétrica de una vivienda y el ángulo de ataque del viento, los campos de presiones tomarán distribuciones características.

Podemos incrementar la ventilación interior, tanto en caudal como en velocidad, con un correcto diseño de aberturas de ingreso y egreso del aire enfrentadas a respectivos campos de presiones positivas y negativas.

Además, podemos utilizar la propia conformación de la vivienda o edificio para reforzar por efecto de "chimenea solar" el ingreso de aire fresco y extracción del calentado, por diferencias de temperatura y presión. Algunas de las influencias citadas las podemos ver en los próximos gráficos.

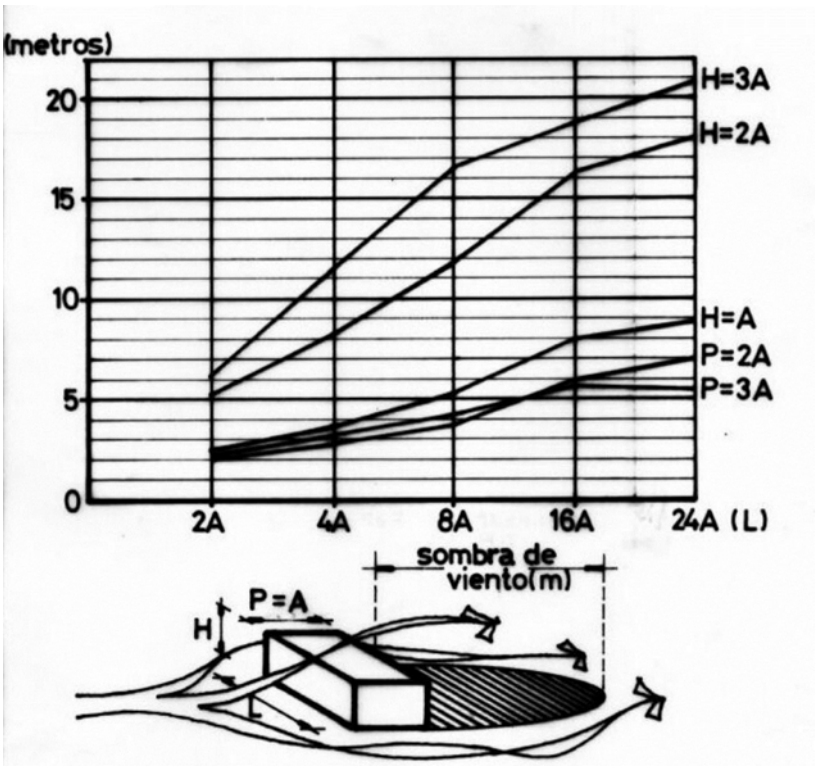


Fig. 9.26 Sombras de vientos según forma (como múltiplo de A).

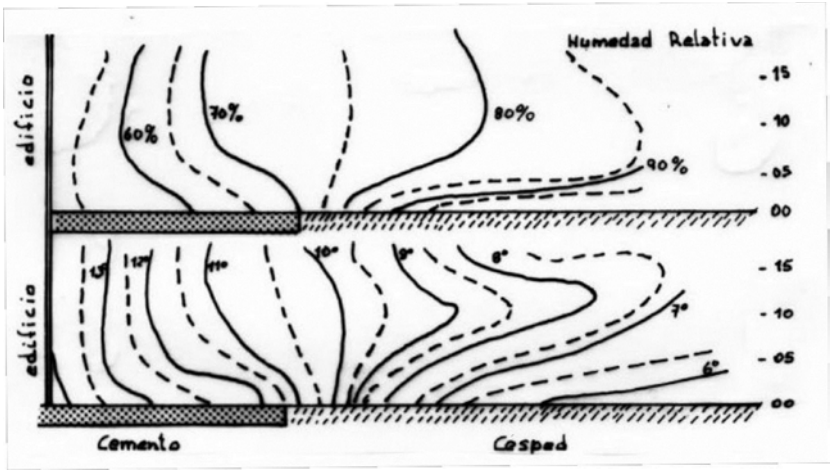


Fig. 9.27 Perfiles de temperatura y humedad en las cercanías de un edificio.

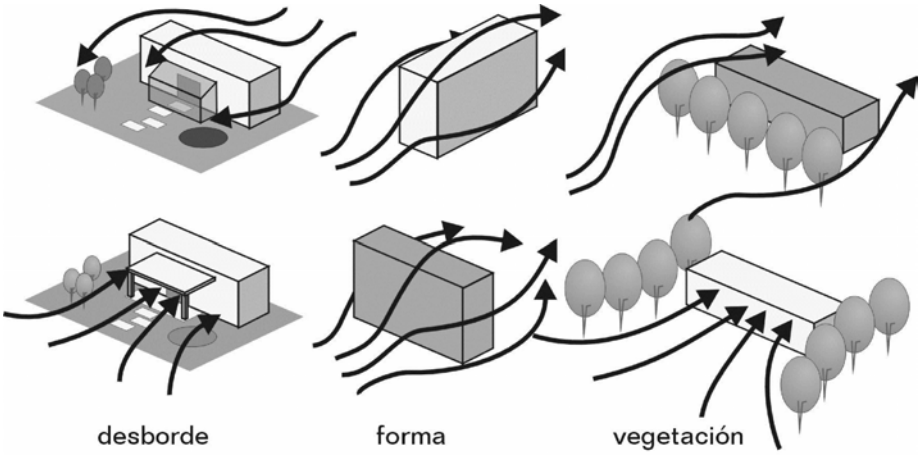


Fig. 9.28 Protección o aprovechamiento de los vientos, según condiciones climáticas prevalecientes. (Nota V.M., 2002)

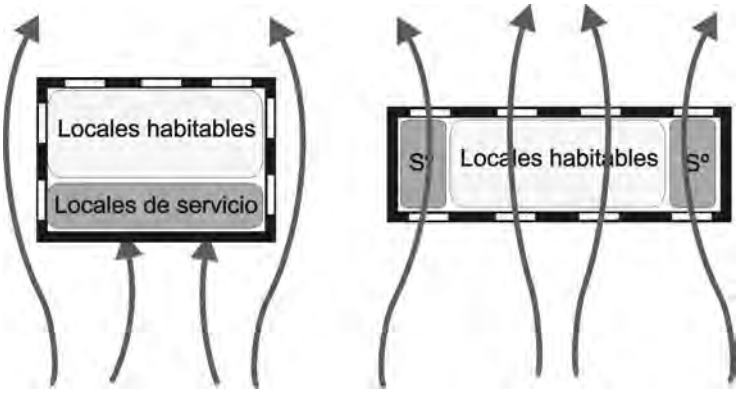


Fig. 9.29 Distribución de locales principales y de servicio, según necesidades de protección o aprovechamiento de los vientos.

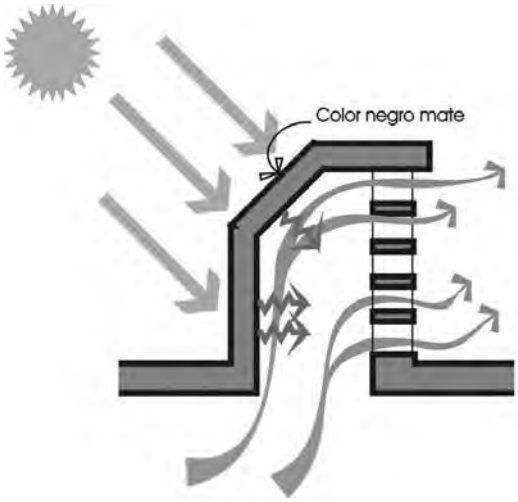


Fig. 9.30 Esquema de chimenea solar. En la misma se genera una masa de aire muy caliente, que funciona como motor térmico, extrayendo en forma pasiva el aire del interior del local.

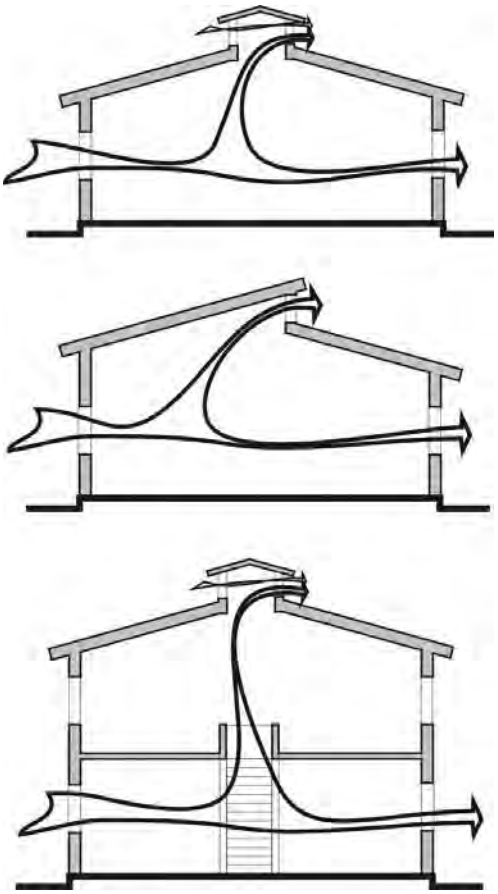


Fig. 9.31 Cortes esquemáticos de viviendas con refuerzo de ventilación por efecto chimenea.

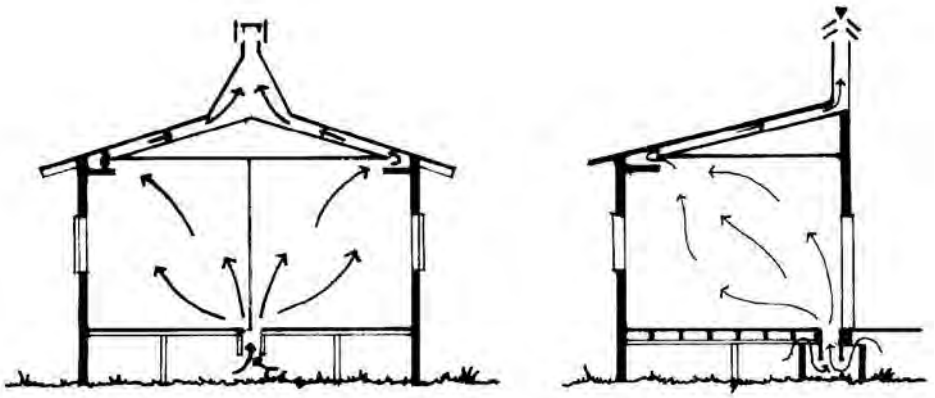


Fig. 9.32 Vivienda ventilada por chimenea solar.

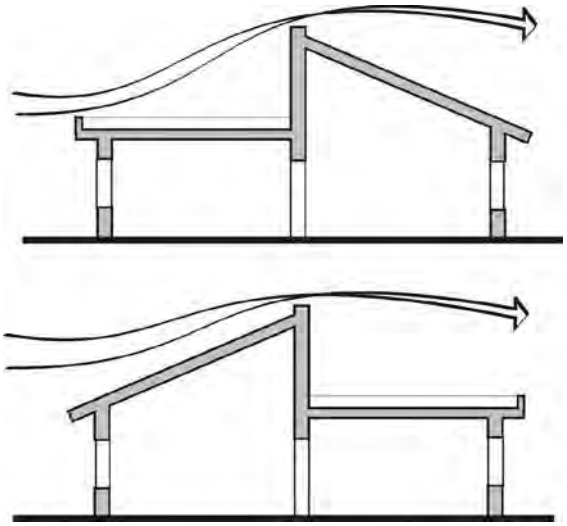
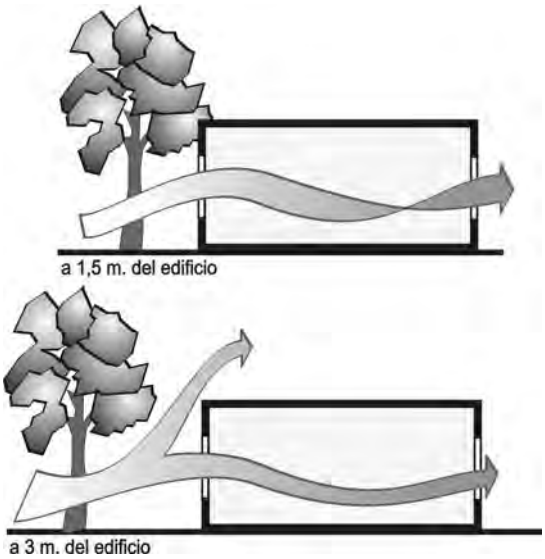


Fig. 9.33 El diseño de las pendientes de los techos pueden incrementar o proteger los espacios habitables de la influencia de los vientos.

Fig. 9.34 Distribución de presiones y depresiones que generan los vientos alrededor de un edificio. Esta distribución nos indicará la mejor manera de distribuir las aberturas, conforme sea necesario aprovechar o protegerse de los vientos.



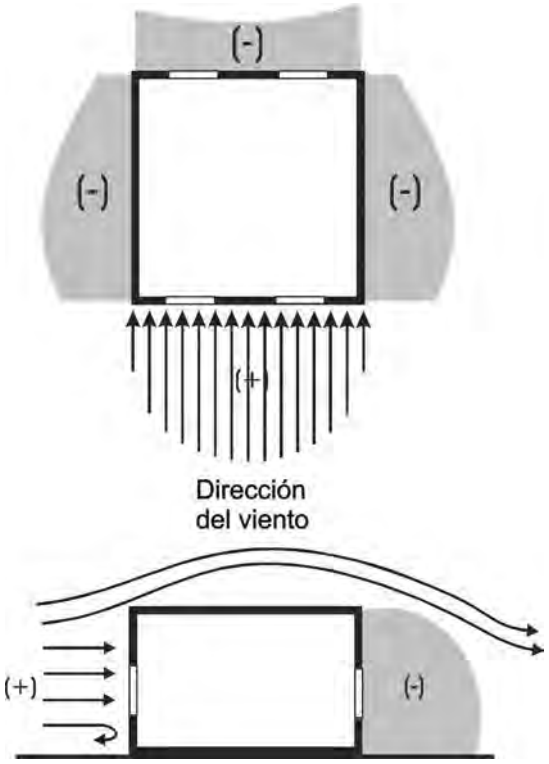


Fig. 9.35 La ubicación de la vegetación con respecto al edificio, determinará las posibilidades de aprovechar mejor la ventilación.

FUNCIONES DE LA VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación es necesaria en cuanto al mantenimiento de las condiciones de calidad del aire interior y por exigencias de confort.

Este último punto se relaciona con el aporte positivo que tiene el viento, a una determinada velocidad y humedad, en el proceso de evaporación del sudor, y por lo tanto en el mantenimiento de condiciones confortables en climas cálidos.

Además, puede colaborar en el enfriamiento de las estructuras, por ingreso de viento durante la noche, posibilitando la disminución de la temperatura interior durante el día.

Es así que al realizar un adecuado control de la apertura y cierre de las ventanas y superficies ventilantes, conforme al compor-

tamiento de la temperatura exterior en relación con la interna, podemos tener condiciones interiores de confort aún en climas muy cálidos. (se debe relacionar esto con las características termofísicas de los materiales de la envolvente).

En general podemos decir que el efecto de enfriamiento ventilante de estructuras es mayor cuando la estructura es más delgada y cuando el material tiene baja capacidad y resistencia térmica.

Debemos considerar además que, para determinadas situaciones climáticas, el viento se convierte en un factor inconfortable y debemos protegernos de los mismos en lugar de aprovecharlos.

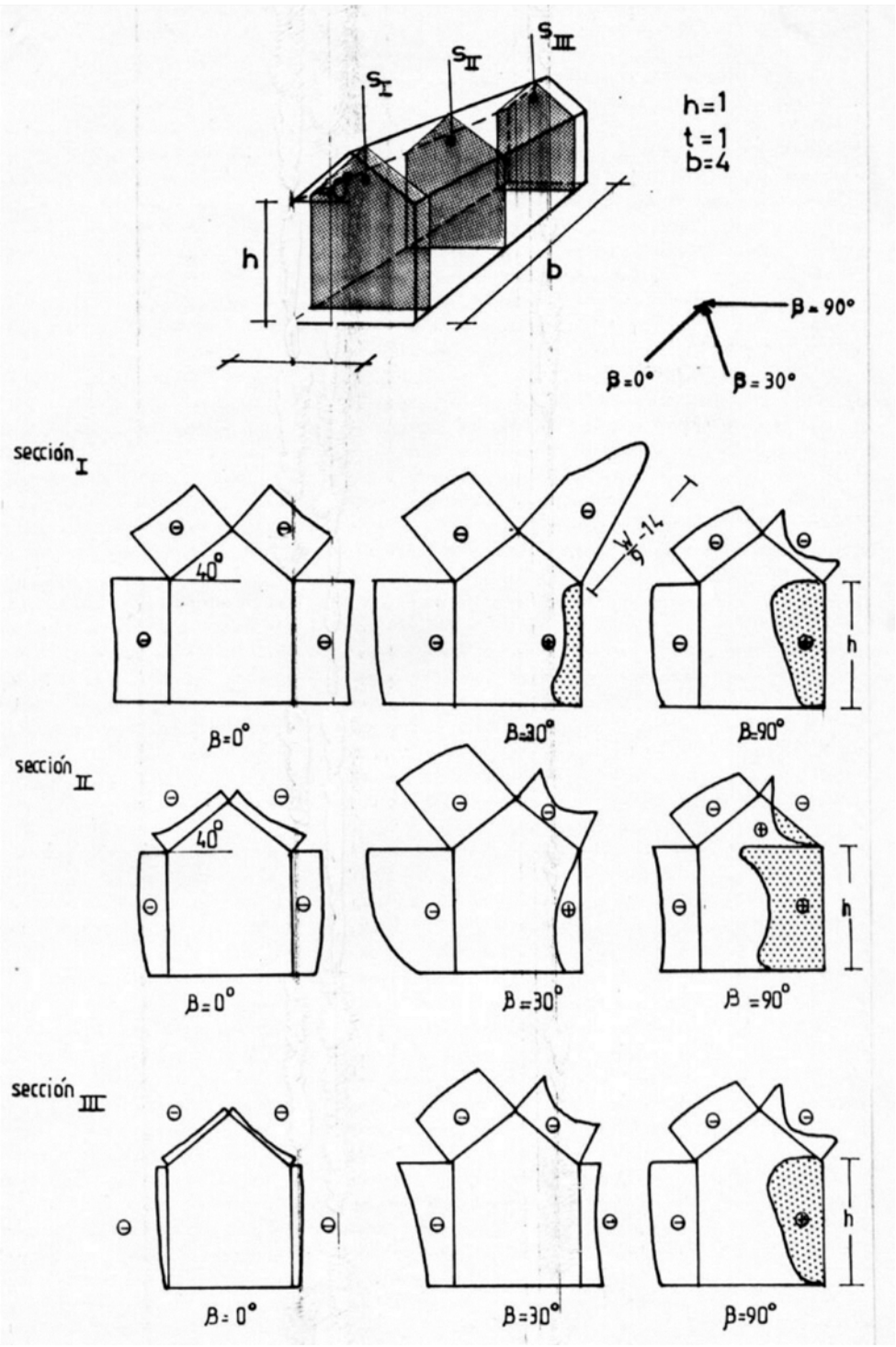


Fig. 9.36 Distribución de presiones de vientos, según ángulo de ataque del mismo y para distintos planos de corte de un edificio con techo inclinado, a dos aguas.

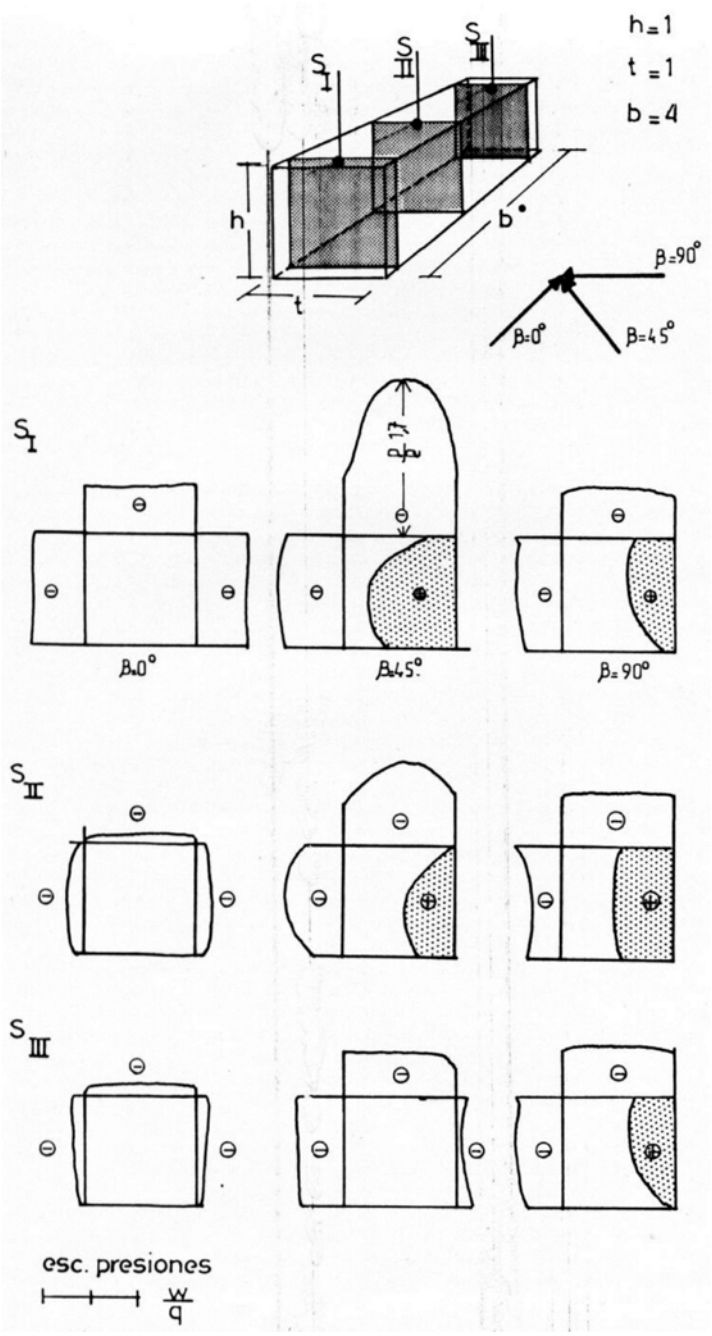


Fig. 9.37 Distribución de presiones de vientos, según ángulo de ataque del mismo y para distintos planos de corte de un edificio con techo plano.

Debemos considerar además que, para determinadas situaciones climáticas, el viento se convierte en un factor inconfortable y debemos protegernos de los mismos en lugar de aprovecharlos.

La ventilación natural cumple importantes funciones en los edificios, entre las que podemos destacar: (Gonzalo et al., 2000)

1) Renovar el aire en el interior de un local.

2) Proveer de bienestar térmico a los ocupantes de los edificios.

3) Enfriar las superficies internas de la envolvente de los edificios.

La primera función se refiere a las condiciones higiénicas que debe tener el aire interior para que se produzca una correcta respiración. La respiración es un proceso del organismo en el cual de genera anhídrido carbónico y vapor de agua. En los ambientes cerrados y habitados, el aire se satura rápidamente de anhídrido carbónico, hasta el punto que muchas veces se hace irrespirable. Es por ello necesario y de suma importancia extraer el aire viciado y sustituirlo por aire puro tomado del exterior.

La segunda función se refiere al bienestar

térmico que produce la incidencia del viento en el cuerpo humano, especialmente en climas cálidos y cálido-húmedos. En estos climas, la temperatura del aire está continuamente muy próxima a la de la piel, por lo que las pérdidas por convección y radiación son mínimas. Asimismo, si el clima es húmedo, los altos porcentajes de humedad dificultan la pérdida de calor por evaporación de la transpiración. Bajo estas condiciones el movimiento del aire facilita la evaporación sobre la piel renovando el aire saturado de humedad alrededor de la misma, logrando de este modo una disminución deseable en la sensación térmica.

La última función se relaciona con el aporte de la ventilación natural al refrescamiento de las superficies internas de la envolvente de los edificios por el ingreso de viento a menor temperatura (horas nocturnas), lo que posibilita mejorar las condiciones térmicas del interior de los locales.

De los tres factores mencionados, el primero debe ser cumplido aún en climas fríos o en zonas donde factores contaminantes hagan que no sea aconsejable la ventilación natural.

CALIDAD DEL AIRE

La respiración es un proceso de combustión lenta que produce como en las combustiones ordinarias, anhídrido carbónico y vapor de agua. La composición del aire atmosférico es la siguiente:

1 m^3 de aire se compone de:
0,209 m^3 de oxígeno.
0,781 m^3 de nitrógeno.
1 Kg de aire se compone de:
0,230 Kg de oxígeno.
0,755 Kg de nitrógeno.

Además de vapor de agua (en cantidad variable), anhídrido carbónico (4 diez milésimas en volumen), el aire contiene, además, cantidades muy pequeñas de otros gases y polvillo (este último con mitad de materias orgánicas y mitad inorgánicas).

Las principales causas de contaminación del aire son:

A) biológicas: por la respiración, transpiración, olores, bacterias.

B) meteorológicas: principalmente por arrastre de polvos.
C) artificial: los principales contaminantes artificiales son los gases de escape de automotores y el cigarrillo.

Además, la presencia de emisiones industriales que arrastradas por el viento pueden llegar a convertir en desventaja el ventilar, por contaminación y olores ofensivos.

VENTILACIÓN POR INFILTRACIÓN

La porosidad de las paredes y la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, van a ocasionar un intercambio de aire a través de los elementos constructivos de la envolvente, dependiendo de la humedad de los mismos.

Este efecto se incrementa notablemente por las presiones diferenciales del viento, aunque se puede decir que los volúmenes de aire en juego carecen de importancia práctica.

Lo que sí es importante considerar son las infiltraciones a través de juntas en carpinterías, que asociadas a las que ocurren por paredes, establecen un volumen de renovación mínimo de 0,7 a 1 del volumen del local y que determina el factor aislado más importante de las pérdidas energéticas de invierno y a su vez de las ganancias térmicas en verano.
Es así que los 0,3 m^3/h de aire fresco por persona necesarios para eliminar olores ("olor a gente") de los locales, se consiguen normalmente por los caudales de infiltración. En ambientes con humo de cigarrillo estas necesidades crecerán de 8 a 10 veces el valor indicado.

VENTILACIÓN HIGIÉNICA

Para calcular las necesidades de aire a renovar en un local, a fin de mantener los niveles necesarios de higiene ambiental, diversos autores proponen fórmulas de cálculo, entre las que destacamos:

Rumor-Strohmenger (1986), citando trabajos de Kohlrausch, Pattenkoffer y Scharling, proponen:

$$V = \frac{N * C}{I_1 - I} \quad (m^3/h)$$

Donde:

V = volumen de aire a renovar.

N = números de ocupantes.

I = cantidad de CO_2 por cada m^3 de ventilación (generalmente: I = 0,0004).

I_1 = cantidad máxima de CO_2, en m^3 por cada m^3 de aire interno: I1 = 0,0017 (según V.Pettenkoffer).

C = producción de CO_2 por persona y por hora.

PERSONA	EDAD (años)	C (m^3/h)
Operario sano trabajando	28	0,0363
Idem en reposo	28	0,0226
Hombre	28	0,0186
Hombre	16	0,0174
Hombre	10	0,0103
Mujer	35	0,0170
Mujer	17	0,0129
Mujer	10	0,0097

Fig. 9.38 Producción de CO_2 por persona.

Para determinar el volumen de aire a ingresar en el local, se deberá calcular este volumen para la condición de ventanas cerradas, ya que en los meses de invierno razones térmicas hacen improbable la apertura de las mismas. En verano también puede presentarse esta condición debido a la elevada temperatura exterior o presencia de polvo, contaminación atmosférica, ruidos, etc. Por este motivo se deberá considerar que el volumen de aire para la ventilación higiénica será provisto por medio de la infiltración por juntas de la carpintería.

El valor de infiltración por la carpintería se obtiene por mediciones, según el procedimiento establecido en la Norma IRAM 11.523. Esta norma establece categorías de carpintería según el nivel de infiltración por juntas.

Categoría de carpintería según nivel de infiltración por juntas	Caudal de aire infiltrado por metro lineal de junta (m^3/h)
Defectuosa	Mayor a 15
Normal	10 a 15
Mejorada	6 a 10
Reforzada	0 a 6

Fig. 9.39 Infiltración por juntas según categoría de las carpinterías.

Se puede considerar dentro de la categoría de carpintería "normal" aquellas realizadas en forma estandarizada metálicas o de madera. Las carpinterías de aluminio o la estándar con incorporación de burletes corresponderán a la categoría "mejorada". Las carpinterías denominadas PVC, las de doble contacto o con burletes incorporados en su fabricación pertenecerán a la categoría de "reforzada".

La ventilación mecánica se aplicará en todos los casos donde no se puede obtener un nivel satisfactorio por medios naturales, en lo que respecta a cantidad, calidad y control, como por ejemplo, en lugares públicos o de entretenimiento, en grandes talleres o en aquellos en los que es esencial extraer polvo y emanaciones en procesos de producción.

Puede considerarse aconsejable en locales que son habitualmente usados por más de cinco personas y en donde el espacio por ocupante es menor de 3,00 m^2.

Para asegurar la ventilación higiénica se aconseja verificar que se cumplan los valores de renovaciones por hora en los distintos locales según el tipo de edificios dados en la figura 9.41. Para locales que cuenten con sistemas artificiales de extracción de aire se las podrán calcular con la expresión:

$$n = C/V$$

Donde:

n : renovaciones de aire por hora.
V: es el volumen del local, en m^3.
C: es el caudal de aire, en m^3/h.

Donde C está dado por la expresión:

$$C = \frac{\text{Nº de personas x q}}{0{,}002 \times 0{,}0005}$$

Donde:

q: es el promedio de ventilación provisto por los medios mecánicos, en m3/h.

0,002: máximo permisible de concentración CO_2.

0,0005: concentración en el exterior de Co_2.

Para locales no especificados en la tabla se podrá utilizar los valores dados para oficinas, excepto en aquellos ambientes que presenten condiciones especiales de temperatura (por ejemplo: garajes, playas subterráneas de estacionamiento, etc.).
En los locales donde existan altas temperaturas, gases, vapores, polvo u otras impurezas, que contaminan el aire, volviéndolo perjudicial para la salud, se deberá prever ventilación adicional, de manera de prevenir que las personas que se encuentra dentro y fuera del local puedan ser dañadas.

Se recomienda verificar que el aire que ingresa al interior de los locales tenga la pureza necesaria para asegurar el bienestar de sus ocupantes, por lo que el mismo deberá estar libre de materias orgánicas, polvo o

emanaciones inorgánicas dañinas. Es conveniente que el ingreso de aire no esté próximo a chimeneas, cocinas, servicios sanitarios, etc.

Cuando no se pueda obtener aire limpio por la presencia de fuentes contaminantes del aire, será necesario recurrir a la purificación del mismo o a la utilización de elementos absorbentes de olores. En locales sanitarios es importante verificar que el aire de ventilación no presente una elevada contaminación bacteriana.

VENTILACIÓN PARA EL CONFORT

Las necesidades de ventilación para confort van a depender de las características climáticas del emplazamiento del edificio.

Para el caso de climas cálidos y sobre todo húmedos, será uno de los factores de mayor importancia que puede facilitar el acercamiento a las condiciones de confort.

En climas como el indicado, más importante que el volumen de renovación de aire será la velocidad interior del flujo y sobre todo que éste se canalice a la altura de ocupación normal de las personas.

Las causas más comunes de una ventilación deficiente son:

A) presencia de una sola abertura lo cual no permite el movimiento de aire en todo el local, sino sólo en las cercanías de la ventana.

B) incorrecta ubicación de las ventanas y elementos constructivos de la misma, que impide que el aire circule sobre los ocupantes.

Es así que para obtener un correcto barrido interior de un local deberemos disponer de ventilación "cruzada", es decir, con entrada y salida de aire.

En muchos edificios el problema se resuelve abriendo las puertas intermedias, lo que supone un problema desde el punto de vista de la intimidad y funcionalidad de los ambientes.

Otro de los problemas que se presentará en este tipo de clima es la necesidad de ubicar cortinas contra el paso de insectos. Las telas mosquiteros normalmente disminuyen entre un 20 y un 60% la ventilación.

Esta reducción es mucho más importante con vientos oblicuos que con vientos normales a la ventana.

Se puede disminuir el efecto tapón de las cortinas mosquiteros, alejándolas de las ventanas hacia el exterior (se las puede disponer como "cajas" que rodeen a las ventanas).

Tipo de edificio	Locales		Renovaciones de aire por hora	Mínimo de aire natural requerido (m^3/h por persona)
Vivienda	Living y dormitorio	9 m^3 p/p		20
		12 m^3 p/p		12
		14 m^3 p/p		11
	Comedores y vestíbulos		1	
	Baños y toilette		2	
	Cocina, preparación de comidas para no más de 6 personas.			57
Escuelas	Aulas escolares	3 m^3 p/p		42
		6 m^3 p/p		28
		9 m^3 p/p		20
		12 m^3 p/p		16
		14 m^3 p/p		11
	Locales de recreo			25
	Comedores, lavatorios y baños.			20
Cocinas (grandes)			20	
Edificios de oficinas	6 m^3			20
	9 m^3			17
	12 m^3			11
	14 m^3			11
	Baños y lavandería		2	
	Sala de reunión			28
Hospitales	Sala de operaciones y rayos X		10	
	Sala de enfermedades contagiosas			50
	Sala de maternidad			60
Fábricas y talleres	Locales de trabajo			23
	Lavatorios y baños		2	
Balnearios y centros de hidroterapia	Locales con piscina de natación		1	
	Salas de espera		1	
	Locales con duchas y bañeras		2	
	Baño de vapor		3	
	Cuarto de balneario		2	
	Sudatorio		4	

Fig. 9.40 Caudal de aire necesario a renovar según el destino del local.

Estudios efectuados por Givoni (1976) indican las expectativas de velocidades interiores en locales, de acuerdo a la ubicación y tamaño de ventanas, como veremos más adelante.

Relacionando estos estudios con las frecuencias y velocidades de vientos para San Miguel de Tucumán se elaboró un índice de calificación de orientaciones y formas de aventanamientos (Gonzalo G.E., R.E.Gonzalo y N.I.Escaño, 1980)

La ubicación de las ventanas y aleros van a determinar también el comportamiento de la vena de aire en el interior de los locales, así como las particiones internas y mobiliario según como se los disponga.

Al ubicar los edificios que componen un conjunto es conveniente, para zonas cálidas, que la sombra aérea que arroja cada uno de ellos no interfiera con los demás. Por lo tanto se aconseja para estos climas ubicar los edificios desfasados entre sí permitiendo que se reconstituya la vena de viento al llegar a los ubicados en filas posteriores al frente del ataque del mismo.

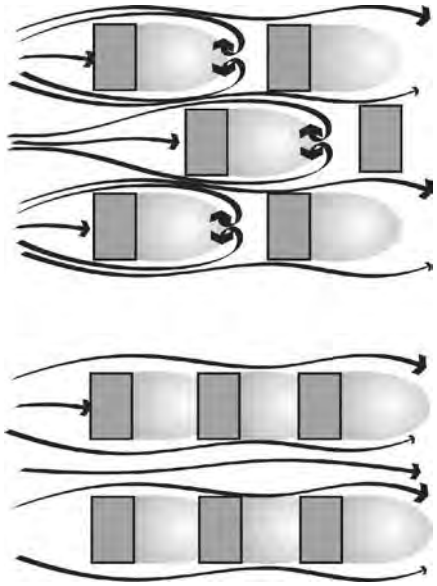


Fig. 9.41 Forma de agrupación de los edificios para aprovechamiento y protección de la ventilación natural.

Fig. 9.42 Protección de los vientos, en zonas frías, aprovechando las pendientes del terreno.

En el caso de zonas frías es conveniente disminuir la incidencia de vientos dominantes en invierno sobre los edificios, por lo tanto la forma de agrupación en una línea es la más conveniente, ya que de esta forma se generan espacios protegidos entre ellos.

Se deberá tener en cuenta al combinar edificios altos y bajos las necesidades de ventilación de los de menor altura. Un edificio alto delante de un edificio bajo, con respecto a la dirección del viento dominante, desvía el viento produciendo una zona de calma en la región que ocupa el edificio bajo, siendo deficiente la ventilación en éste último. Cambiando el orden de las edificaciones se logra una ventilación más adecuada para ambos.

En caso de existir irregularidades en el terreno, en zonas frías, es conveniente implantar los edificios de forma que las mismas brinden protección de los fuertes vientos de invierno, ubicando los edificios en zonas de calma de vientos.

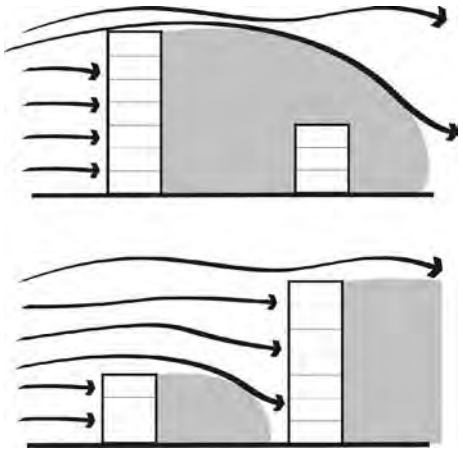


Fig. 9.43 Influencia de los vientos en edificios próximos, de distintas alturas.

En las zonas cálidas es conveniente que el edificio tenga mayor superficie hacia los vientos dominantes y que las aberturas de ingreso de aire se ubiquen en la zona de presión positiva y las de egreso en las zonas de presión negativa.

En zonas frías es conveniente reducir las superficies expuestas a los vientos dominantes de invierno y aprovechar la zona de la sombra de vientos para generar espacios protegidos.

Por lo tanto, es recomendable que en las zonas cálidas, diseñar plantas abiertas para favorecer la circulación de aire en el interior del edificio y disponer las mayores superficies del mismo hacia los vientos dominantes.

Conviene ubicar los locales en una sola fila para permitir que tengan aberturas de entrada y salida del aire.

En zonas frías es recomendable un planteo compacto, disponiendo las menores superficies enfrentadas a los vientos dominantes de invierno y disminuyendo en lo posible las aberturas en los frentes expuestos a los vientos.

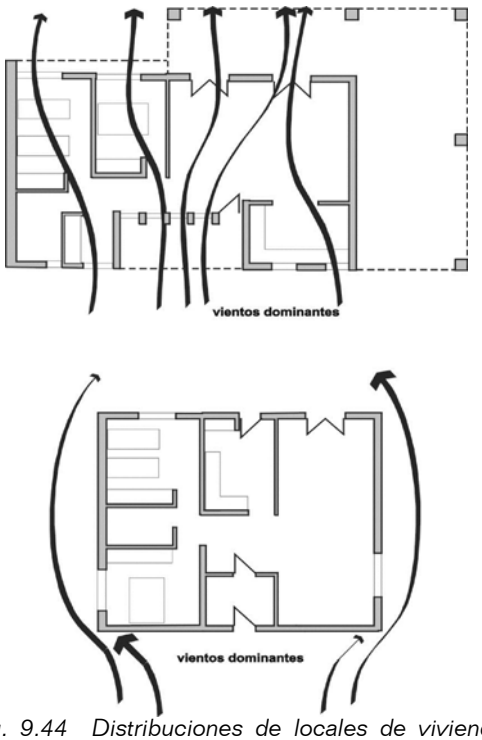


Fig. 9.44 Distribuciones de locales de vivienda recomendados para zonas cálidas (arriba) y frías (abajo)

Cuando una edificación tiene varios locales interconectados, el flujo de aire que entra cambia de dirección varias veces antes de encontrar la salida, lo que determina que el aire disminuya su velocidad.

En zonas cálidas se recomienda ubicar aberturas en las divisiones interiores de manera tal de lograr que el aire se desplace por la parte superior de todos los espacios interconectados, permitiendo una adecuada ventilación de los mismos.

La disposición en planta de las divisiones interiores influirá también en el recorrido del flujo de aire. En zonas cálidas es conveniente ubicarlas en forma perpendicular a la ventana de ingreso de aire ya que de esta manera interfieren poco en el flujo del aire, no afectando su velocidad.
En zonas frías es conveniente ubicarlas en forma paralela a las ventanas de ingreso de aire, ya que de este modo se produce una disminución en la velocidad del aire interior debido a los sucesivos cambios de dirección.

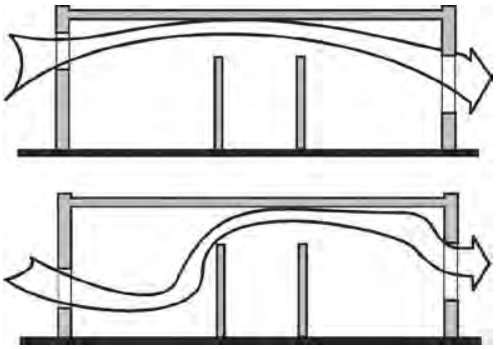


Fig. 9.45 influencia de las divisiones interiores en el recorrido del aire interior.

La disposición en planta de las divisiones interiores influirá también en el recorrido del flujo de aire. En zonas cálidas es conveniente ubicarlas en forma perpendicular a la ventana de ingreso de aire ya que de esta manera interfieren poco en el flujo del aire, no afectando su velocidad.

En zonas frías es conveniente ubicarlas en forma paralela a las ventanas de ingreso de aire, ya que de este modo se produce una disminución en la velocidad del aire interior debido a los sucesivos cambios de dirección.

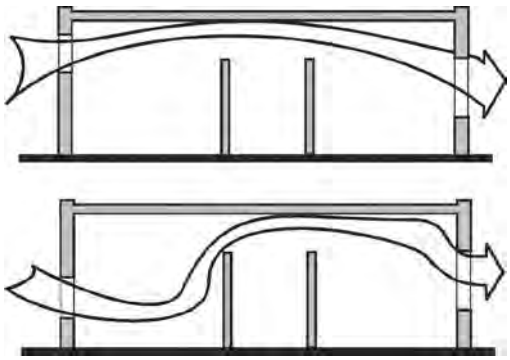


Fig. 9.46 Influencia de las divisiones interiores en la circulación de aire en planta.

La ubicación de la abertura de entrada de aire ejercerá una influencia determinante sobre su trayectoria vertical. Si las aberturas de ingreso de aire se encuentran en la parte media o baja de la pared que las contiene se produce una corriente beneficiosa a nivel del cuerpo humano, si las aberturas de entrada se encuentran en la parte alta se produce una buena corriente en las superficies interiores del local.

En zonas cálidas se recomienda favorecer la incidencia de vientos sobre las personas, a menos que la función del local determine lo contrario.

En zonas frías se recomienda evitar la ventilación cruzada, pero si por razones de diseño se plantea esta situación, se recomienda ubicar las ventanas de manera tal que el viento no incida sobre los ocupantes.

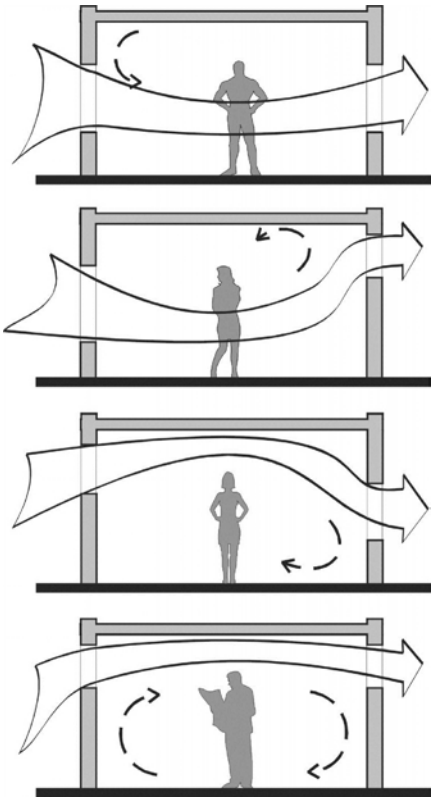


Fig. 9.47 Influencia de la posición de las aberturas en el recorrido del aire.

La ubicación de la abertura de salida de aire, ejercerá una influencia determinante sobre su trayectoria horizontal, no afectando su trayectoria en vertical. Las ventanas alineadas en paredes opuestas crean un flujo de aire sectorizado. Si las ventanas de entrada y salida se sitúan en paredes opuestas pero diagonalmente al flujo de aire, éste se distribuye mejor. Si la ventana de salida se encuentra en una pared adyacente la distribución de la ventilación es también sectorizada.
Las medidas mínimas de las aberturas deberán ser tales que cumplan con las normas de iluminación natural en edificios y las recomendaciones para la ventilación higiénica.

En las zonas cálidas es conveniente incrementar la velocidad de aire al ingresar al local, esto se logra aumentando las medidas de la abertura de salida de aire con relación al área de entrada. Cuanto mayor sea esta relación mayor será la velocidad del aire en el interior. La situación opuesta será la más conveniente para las zonas frías.

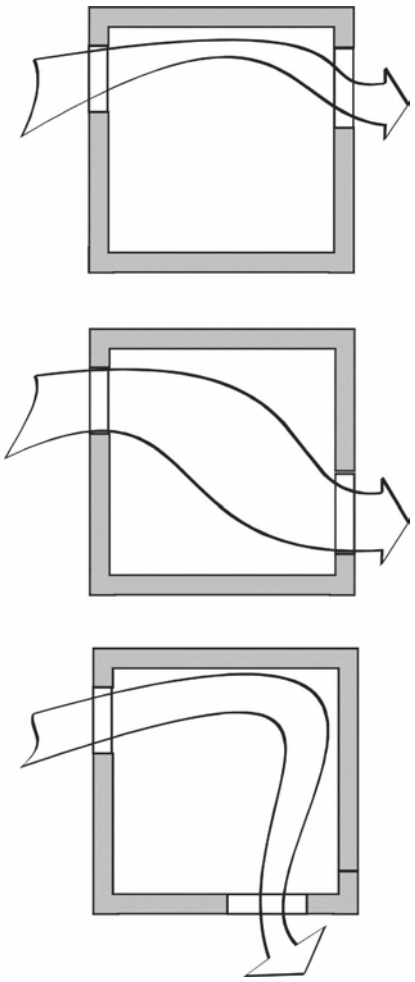


Fig. 9.48 Influencia de la posición en planta de las aberturas de salida de aire.

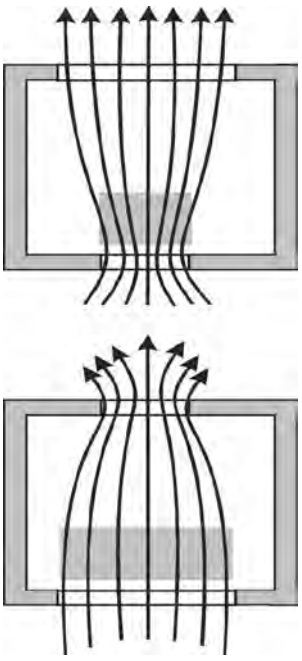


Fig. 9.49 Influencia del tamaño de las aberturas en la velocidad del aire interior.

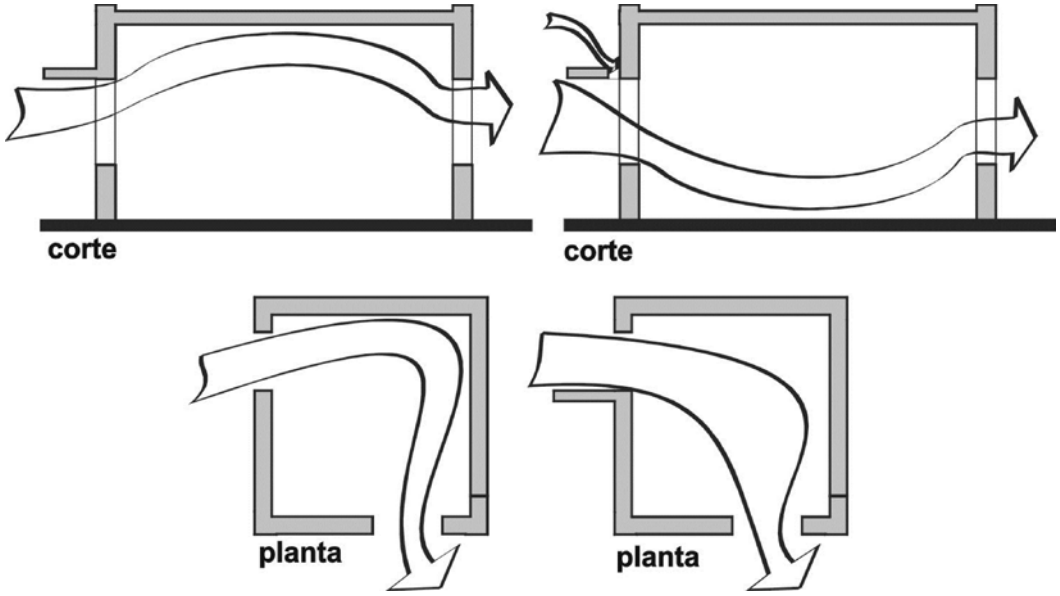


Fig. 9.50 Influencia de pantallas exteriores en el flujo de aire.

Se debe tener en cuenta que de acuerdo al tipo de carpintería seleccionada se puede desviar el flujo de aire o dirigir las corrientes hacia las zonas que se desea ventilar. En las zonas cálidas será conveniente utilizar aquellas carpinterías que permitan desviar el flujo de aire hacia los ocupantes. En las zonas frías se preferirá el uso de carpintería que evite la incidencia directa del viento sobre las personas.

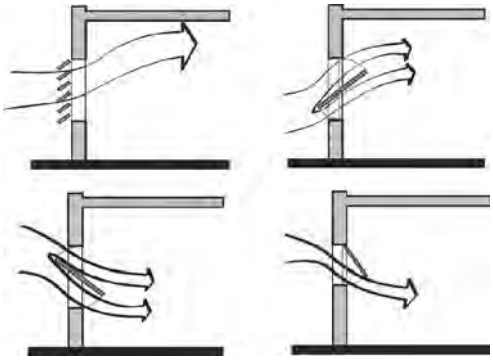


Fig. 9.51 Influencia del tipo de carpintería en el ingreso del flujo de aire.

También se tendrá en cuenta que los voladizos o salientes podrán ser útiles para aumentar el volumen y la velocidad del aire que incide en el edificio, necesarios en las zonas cálidas. Si el elemento es horizontal conviene dejar una pequeña separación entre el voladizo y la pared para mejorar el recorrido del aire interior. Los elementos verticales permiten desviar la corriente de aire hacia el interior mejorando la distribución interior de la misma.

En las zonas frías se aconseja usar las salientes como elementos cortavientos para proteger las aberturas de los vientos dominantes de invierno. Las mismas pueden realizarse en material o con pantallas vegetales.

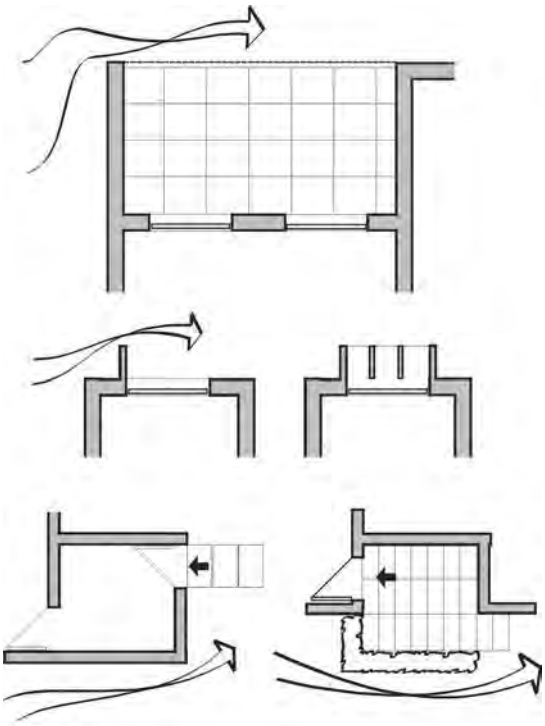


Fig. 9.52 Formas de protección del ingreso del aire en aberturas.

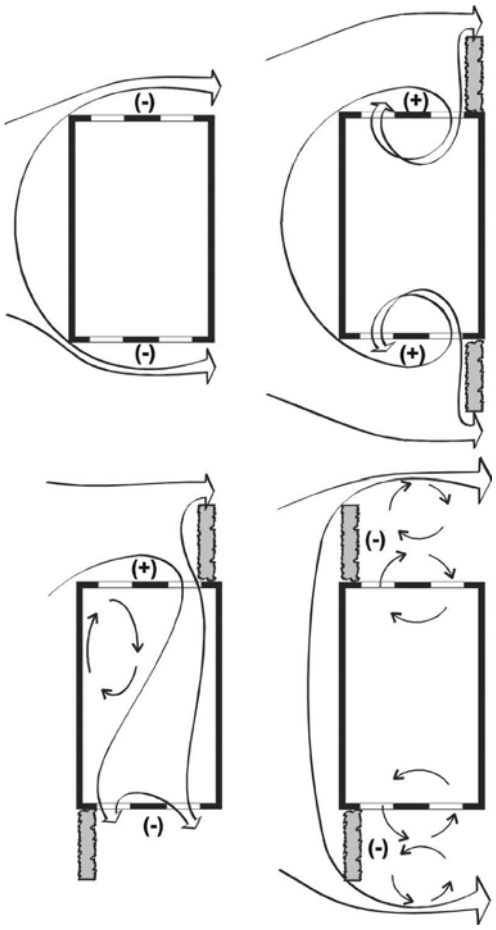


Fig. 9.53 Influencia de los arbustos en la trayectoria del aire.

Se pueden utilizar arbustos para mejorar la ventilación en aberturas ubicadas en zonas de presión negativa y para ello conviene ubicar los arbustos en el lado opuesto al del flujo de aire. Las diferencias de presiones que se generan permiten ventilar el interior de los edificios en las zonas cálidas. En zonas frías conviene ubicar la vegetación de forma tal de proteger las aberturas de los vientos dominantes de invierno.

Influencia del diseño de las aberturas en la velocidad del aire interior.

Para las zonas cálidas es recomendable favorecer el movimiento de aire en el interior del local, para ello deben existir aberturas de entrada y salida del aire que permitan la ventilación cruzada. Los principales factores que afectan a la velocidad del aire interior son el tamaño de las aberturas de entrada y salida y la ubicación de las mismas con relación a los vientos dominantes.

Los estudios llevados a cabo en túnel de viento por el Dr. Baruch Givoni (1978), permitieron encontrar los valores porcentuales de velocidad de vientos en el interior de locales, según la ubicación relativa de las ventanas y el ángulo de ataque del viento.

A continuación se presentarán algunos de estos resultados, que permitirán al proyectista realizar una primera estimación de su diseño.

a. Análisis de situaciones de ventanas en una sola pared: En habitaciones en donde las ventanas están en una pared solamente, el tamaño de la ventana tiene muy poco efecto sobre la velocidad del aire interior como se puede observar en la tabla 9.1.

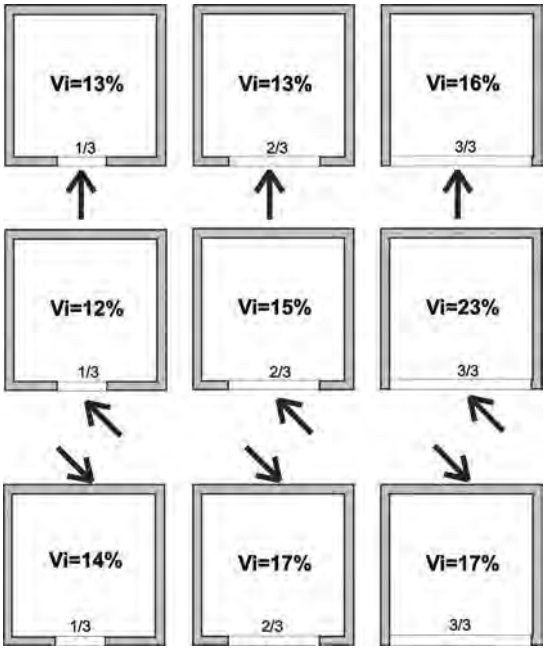


Fig. 9.54 Velocidad interior promedio según tamaño de la ventana en habitaciones sin ventilación cruzada (como % de la velocidad del aire exterior).

Tabla 9.1 Velocidad interior promedio según tamaño de la ventana en habitaciones sin ventilación cruzada (como % de la velocidad del aire exterior).

Dirección del viento	Ancho de las Aberturas		
	1/3	2/3	3/3
Perpendicular a la ventana	13	13	16
Oblicua desde el frente	12	15	23
Oblicua desde atrás	14	17	17

Análisis de situaciones de ventanas en paredes opuestas: en habitaciones en donde existe ventilación cruzada, el aumento del tamaño de las ventanas aumenta la velocidad del aire interior, pero solamente cuando las ventanas de

entrada y salida aumentan simultáneamente. Si la habitación tiene aberturas de diferentes tamaños y la más grande es la de salida, se obtienen mayores velocidades máximas, pero aumentan muy poco las velocidades promedio, como se muestra en la tabla 9.2.

Dirección del viento	Tamaño de la salida	Tamaño de la entrada					
		1/3		2/3		3/3	
		Prom.	Máx.	Prom.	Máx.	Prom.	Máx.
Perpend	1/3	36	65	34	74	32	49
	2/3	39	131	37	70	36	72
	3/3	44	137	35	72	47	86
Oblicua	1/3	42	83	43	96	42	62
	2/3	40	92	57	133	62	131
	3/3	44	152	59	137	65	115

Tabla 9.2 Velocidad interior promedio según ancho de ventanas en habitaciones con ventilación cruzada (como % de la velocidad del aire exterior).

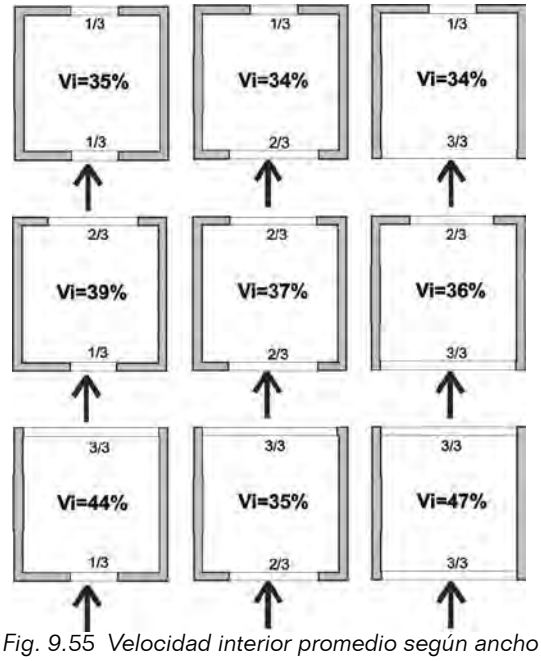


Fig. 9.55 Velocidad interior promedio según ancho de ventanas en habitaciones con ventilación cruzada (como % de la velocidad del aire exterior).

Análisis de situaciones según ubicación ventanas de salida del aire:

Las mejores condiciones de ventilación se obtienen cuando el flujo de aire cambia de dirección dentro de la habitación (viento oblicuo) y no cuando es directo desde la entrada hacia la salida (viento perpendicular), como se puede observar en la tabla 9.3.

Tabla 9.3 Velocidad interior promedio según ubicación de ventanas en habitaciones con ventilación cruzada (como % de la velocidad del aire exterior).

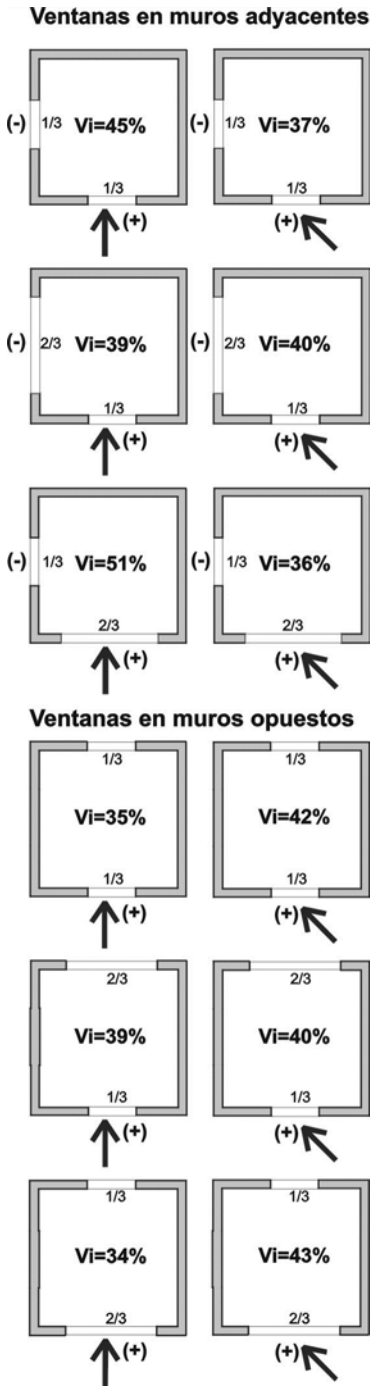


Fig. 9.56 Velocidad interior promedio ventilación cruzada (como % de la velocidad del aire exterior).

Ancho de la entrada	Ancho de la salida	Aberturas en paredes opuestas		Aberturas en paredes adyacentes	
		Viento perpend	Viento oblicuo	Viento perpend	Viento oblicuo
1/3	1/3	35	42	45	37
1/3	2/3	39	40	39	40
2/3	1/3	34	43	51	36
2/3	2/3	37	51	-	-
1/3	1/3	44	44	51	45
3/3	1/3	32	41	50	37
2/3	3/3	35	59	-	-
3/3	2/3	36	62	-	-
3/3	3/3	47	65	-	-

En las figuras podemos observar que cuando el local no tiene ventilación cruzada, el promedio de velocidad es muy bajo, sobre todo cuando el viento es perpendicular a la ventana. El proveer de ventilación cruzada, aún sin incrementar el área de aberturas, lleva a más del doble el promedio y la máxima velocidad que se obtiene en el interior del local.

Tabla 9.4 Efecto de la ventilación cruzada en el promedio de la velocidad del aire interior (como % de la velocidad del aire exterior).

Ventilación cruzada	Ubicación de las aberturas	Dirección del viento	Ancho total de las aberturas			
			2/3 de la pared		3/3 de la pared	
			Prom.	Máx.	Prom.	Máx.
Sin ventilación cruzada	Única abertura en zona de presión	Perpend	13	18	16	20
		oblicua	15	33	23	36
	Única abertura en zona de succión	oblicua	17	44	17	39
	Dos aberturas en zona de succión	oblicua	22	56	23	50
Con ventilación cruzada	Dos aberturas en paredes adyacent.	Perpend	45	68	51	103
		oblicua	37	118	40	110
	Dos aberturas en paredes opuestas	Perpend	35	65	37	102
		oblicua	42	83	42	94

Área de ventana/ Área de pared	número y tipo de abertura	perpend	oblicuo a 22,5° al frente	oblicuo a 45° al frente	oblicuo a 67,5° al frente	oblicuo desde atrás
2/9	Una central	10,4	10,4	10,4	-	-
	Dos laterales	11,8	16,8	17,5	8,9	5,4
	Dos laterales c/pantallas verticales	16	34	38,4	36,2	8,1
1/9	Una central	4,7	3,6	3,3	3,8	3,6
	Dos laterales	6,5	11,4	15,7	8	3,4
	Dos laterales c/pantallas verticales	11,4	30,8	36	35	4,9
	Dos laterales c/balcones	17,3	-	20,8	-	-

Tabla 9.5 Promedio de la velocidad de aire interior en locales con una sola pared al exterior (como % de la velocidad del aire exterior)

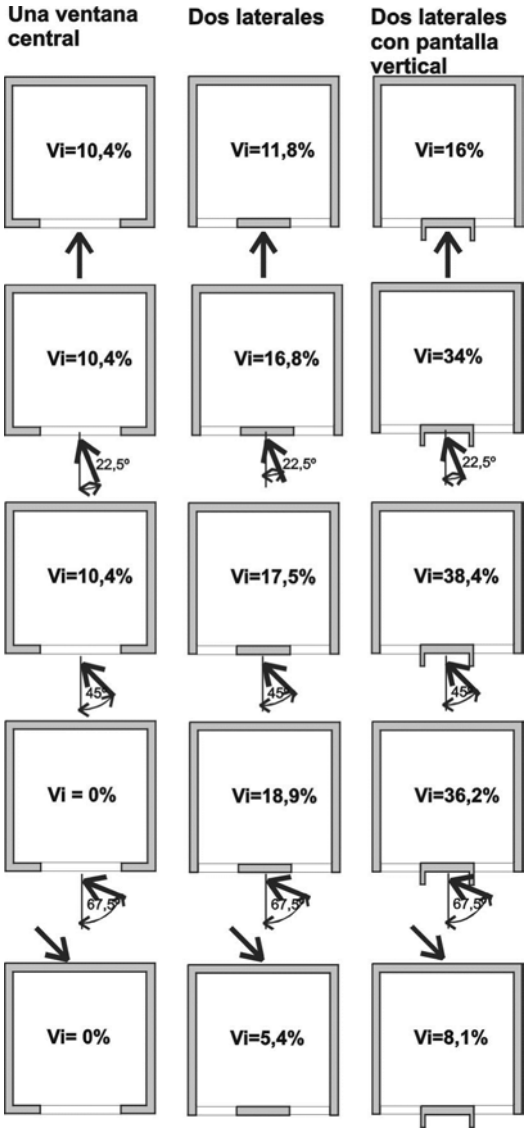


Fig. 9.57 Influencia de las pantallas exteriores en la velocidad del aire interior (como % de la velocidad del aire exterior)

Análisis de la influencia de las pantallas: si se colocan pantallas verticales en las ventanas de entrada y salida de aire que se encuentran en una misma pared, se crean diferencias de presión que permiten mejorar la ventilación. La tabla 9.5 muestra que se puede proveer de ventilación a locales que tienen una sola pared al exterior, colocando al menos dos ventanas, cuando haya una dirección predominante de los vientos en dirección oblicua a las mismas.

De resultados experimentales obtenidos por Givoni (1968), se desarrolló una fórmula que permite calcular la velocidad interior promedio, para ambientes cuadrados y con ventanas de entrada y salida iguales:

$$V_{ip} = (14{,}067 * Ln(x) + 12{,}552) * V_o$$

Donde:

V_{ip} = promedio de velocidades interiores.

x = relación superficie de ventana / superficie de pared.

V_o = velocidad de aire exterior.

Sobre la base de esta fórmula se ha construido un gráfico que permite encontrar la relación porcentual de velocidades.

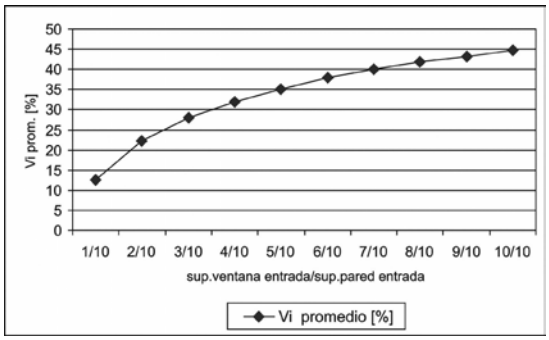


Fig. 9.58 Velocidad interior promedio, en función de la relación entre la superficie de la ventana de entrada de aire y la superficie de la pared que contiene a la ventana.

CÁLCULOS DE VENTILACIÓN NATURAL

Los procedimientos para estimar la ventilación natural que puede producirse en el interior de un local o de un edificio completo son, por una parte, muy complejos y de difícil valoración precisa de las variables que intervienen en los mismos.

Por otra parte, las condiciones del entorno de un local, tales como la construcción en el tiempo de vida útil del edificio que estamos proyectando de otros edificios, vegetación exterior que puede irse modificando o que presenta características de follaje muy distintas en las diferentes épocas del año, agregado posteriores de letreros o marquesinas en el propio edificio o en edificios cercanos, etc., Así como las condiciones propias de los locales que analizamos, como es el caso de las relaciones con otros locales, equipamiento variable del mismo, cierre o abertura de las puertas y ventanas interiores, etc., hacen prácticamente imposible lograr una estimación precisa de los caudales y velocidades de vientos que se podrían obtener en el interior de los locales.

Es así que en la abundante bibliografía sobre el tema, encontramos que los cálculos se refieren a edificios o locales aislados, como vimos anteriormente. Por lo tanto el obtener

una precisión sobre estos valores se podrá realizar mediante una auditoría en edificios existentes, logrando sólo una aproximación cuando se trate de proyectos a realizar.

Sin embargo, podremos utilizar los procedimientos de cálculo para, por ejemplo, determinar las ventajas de soluciones comparativas en el momento que estamos proyectando, así como tener una estimación cualitativa y aproximada de la ventilación de los locales o prever el comportamiento de los vientos en una urbanización, a efectos de aprovechar o protegerse de su influencia.

Luego de estas aclaraciones, plantearemos algunos procedimientos simples para calcular los caudales de vientos en locales, siguiendo las expresiones matemáticas y modelo simplificado de cálculo manual que se desarrolla en Santamouris M. y D. Asimakopoulus (1996), que con algunas ampliaciones se desarrollan en los softwares que se explicarán más adelante.

Mediante la utilización de estos programas de cálculo, podemos obtener algunos gráficos que permiten comparar algunas situaciones características, al momento de proyectar, mostrándose algunos de ellos a continuación.

Fig. 9.59 Variación del número de renovaciones de aire por hora, para ventanas de distintos tamaños, ubicadas en la parte superior del frente, para los dos primeros casos, y a la mitad de su altura, para el último.

Debido a las condiciones posibles del local, se consideran hasta 5 ventanas.

Las variables consideradas para los cálculos son las siguientes:

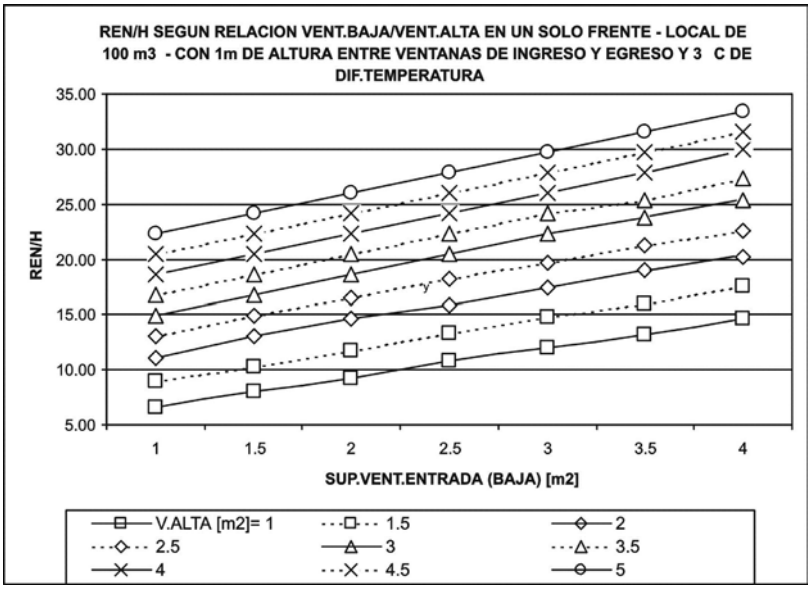
Volumen del local = 100 m^3

Temp.media exterior=30 °C

Temp.media interior=27 °C

Temp. media=28,5 °C

Fig. 9.60 Variación del número de renovaciones de aire por hora, para ventanas altas y bajas, ubicadas en un mismo frente y a la misma altura, con una diferencia entre los centros de ventanas altas y bajas de 1 m. Las variables consideradas para los cálculos son las siguientes:
Volumen del local = 100 m^3- Temp.media exterior=30 °C - Temp.media interior=27 °C



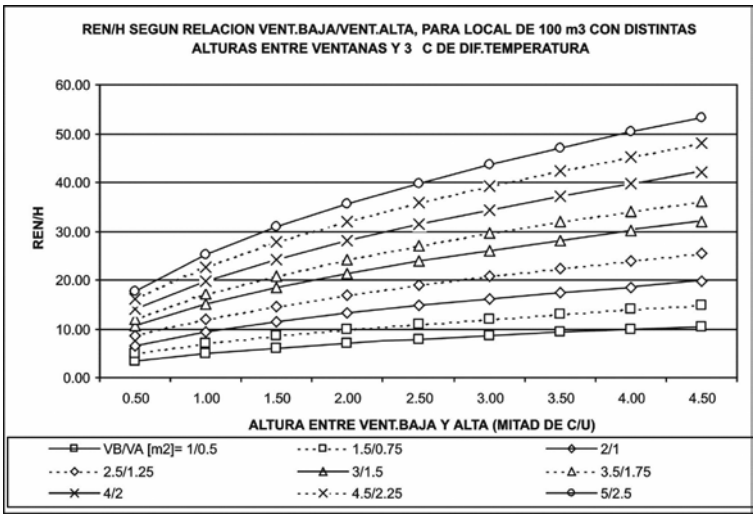


Fig. 9.61 Variación del número de renovaciones de aire por hora, para distintas relaciones entre ventanas altas y bajas, ubicadas en un mismo frente y a la misma altura, según la diferencia de altura entre los centros de ventanas altas y bajas. Las variables consideradas para los cálculos son las siguientes: Volumen del local = 100 m^3- Temp.media exterior=30 °C - Temp.media interior=27 °C

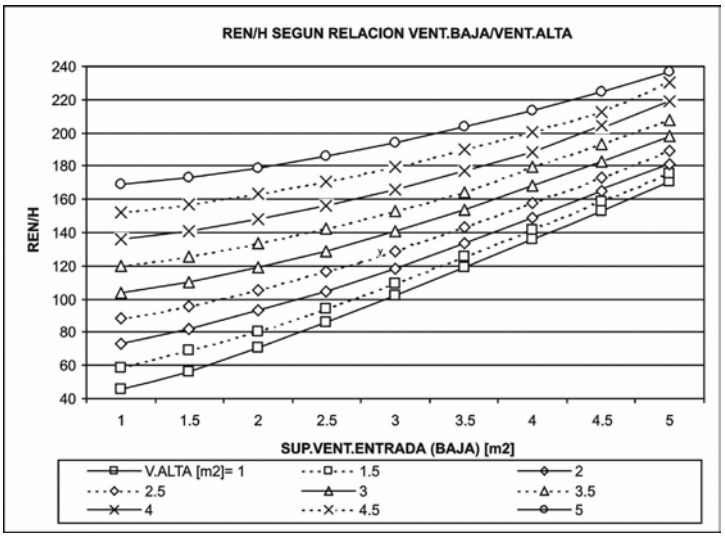


Fig. 9.62 Ren/h según relación ventana baja/alta, en frente y contrafrente, para un local de 100 m^3, ataque de viento en el frente a 2,1 m/s, con 1 m de altura entre ventanas e iguales variables de cálculo anteriores.

El método NORMA, que citan los autores de la referencia anterior (Santamouris, 1993), está diseñado para calcular el flujo de aire producido por ventanas ubicadas en un solo frente, debido a las diferencias de temperaturas, según la siguiente fórmula:

$$Q = 790 * h^{1.5} * w * \sqrt{DT/MT}$$

Donde:

Q= caudal de aire [m3/h]

h= altura de la ventana [m]

w= ancho de la ventana [m]

DT= diferencia de temperaturas, entre el interior y el exterior [°C]

MT= temperatura media interior/exterior [°C]

El procedimiento de cálculo mediante el programa CEEMAVENAT.XLS se muestra a continuación:

FORMULARIO PARA CALCULAR EL FLUJO DE AIRE EN EDIFICIOS VENTILADOS NATURALMENTE
VENTANAS EN UNA SOLA CARA, UBICADAS A LA MISMA ALTURA

VARIABLES	VENT.1	VENT.2	VENT.3	VENT.4	VENT.5	TOTAL
ALTURA DE LA VENTANA: [m]	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	
ANCHO DE LA VENTANA: [m]	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	
VOLUMEN DEL LOCAL: [m3]	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	
MES DE DISEÑO:	DIC	DIC	DIC	DIC	DIC	
TEMP. MEDIA EXTERIOR: [°C]	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	
TEMPERATURA INTERIOR: [°C]	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	
TEMPERATURA MEDIA: [°C]	28.50	28.50	28.50	28.50	28.50	
DIF. MEDIA DE TEMP.: [°C]	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
RELACIÓN DE TEMP.:	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
RAÍZ DE RT:	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
h^0.5: [m]	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	
FLUJO DE AIRE Q: [m3/h]	256.31	256.31	256.31	0.00	0.00	768.93
RENOVACIONES HORA: [N°]	2.44	2.44	2.44	0.00	0.00	7.32

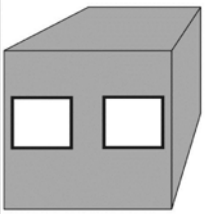


Fig. 9.63 Planilla "1C=H", para el cálculo de flujo de aire y renovaciones por hora, para ventanas ubicadas en un mismo frente, del programa que se acompaña en el disco: CEEMAVENAT.XLS. Las celdas grisadas se utilizan para introducir las variables.

FORMULARIO PARA CALCULAR EL FLUJO DE AIRE EN EDIFICIOS VENTILADOS NATURALMENTE

VENTANAS EN UNA SOLA CARA, UBICADAS A DIFERENTE ALTURA

VARIABLES	VALORES
SUP.VENTANAS BAJAS: [m2]	3.00
SUP.VENTANAS ALTAS: [m2]	1.50
VOLUMEN DEL LOCAL: [m3]	105.00
DIST.VERTICAL ENTRE VENT. [m]	1.00
MES DE DISEÑO:	ENERO
TEMP. MEDIA EXTERIOR: [°C]	30.00
TEMPERATURA INTERIOR: [°C]	27.00
FLUJO DE AIRE Q: [m3/h]	1505.65
RENOVACIONES HORA: [N°]	14.34

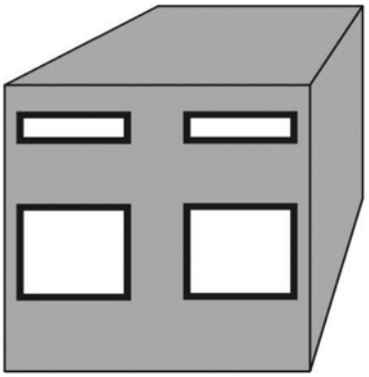


Fig. 9.64 Planilla "1CDH", para el cálculo de flujo de aire y renovaciones por hora, para ventanas ubicadas en un mismo frente, a distintas alturas, del programa que se acompaña en el disco: CEEMAVENAT.XLS. Las celdas grisadas se utilizan para introducir las variables.

FORMULARIO PARA CALCULAR EL FLUJO DE AIRE EN EDIFICIOS VENTILADOS NATURALMENTE

VENTILACIÓN CRUZADA

VARIABLES	VALORES
MES DE DISEÑO:	ENERO
VELOCIDAD VIENTO: [m/s]	2.2
DIRECCIÓN VIENTO:	NE
TEMP. MEDIA EXTERIOR: [°C]	30
TEMPERATURA INTERIOR: [°C]	27
ÁNGULO DE INCIDENCIA VIENTO:	0
NÚMERO DE INGRESO (1 A 4):	1
NÚMERO DE EGRESO (1 A 7):	2
VOLUMEN DEL LOCAL: [m3]	105
SUPERFICIE VENTANAS ENTRADA	3
SUPERFICIE VENTANAS SALIDA:	1.5
DIST.VERTICAL ENTRE VENT. [m]	1.00
FLUJO TOTAL DE AIRE=	11618
RENOVACIONES HORA=	110.65

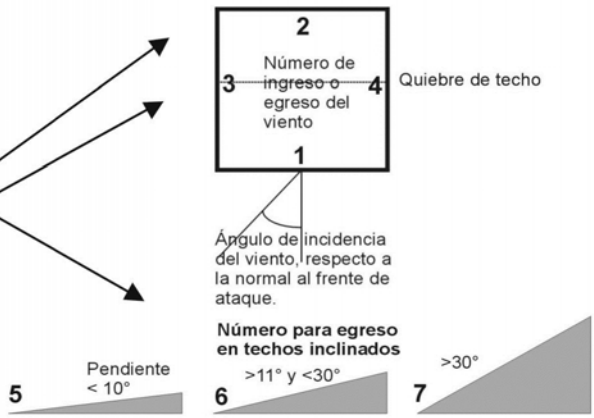


Fig. 9.65 Planilla "VC", para el cálculo de flujo de aire y renovaciones por hora, para ventanas ubicadas en distintos frentes, (ventilación cruzada) a la misma o distintas alturas, del programa que se acompaña en el disco: CEEMAVENAT.XLS. Las celdas grisadas se utilizan para introducir las variables.

La fórmula propuesta, en la referencia anterior, para obtener el flujo de aire debido al efecto chimenea, que se utiliza en los programas de cálculo, es la siguiente:

$$Q = 1590*K*(A1+A2)*\sqrt{DT/MT}*\sqrt{H}$$

Donde:

Q= caudal de aire [m^3/h]

K= factor de corrección, de figura 9.67

A1= superficie de la ventana inferior [m^2]

A2= superficie de la ventana superior [m^2]

DT= diferencia de temperaturas, entre el interior y el exterior [°C]

MT= temperatura media interior/exterior [°C]

H= altura entre ventanas [m]

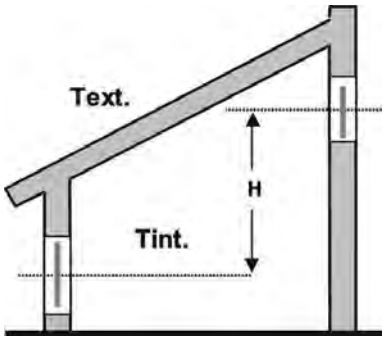


Fig. 9.66 Forma de obtener el valor de h, para ventanas ubicadas a distintas alturas.

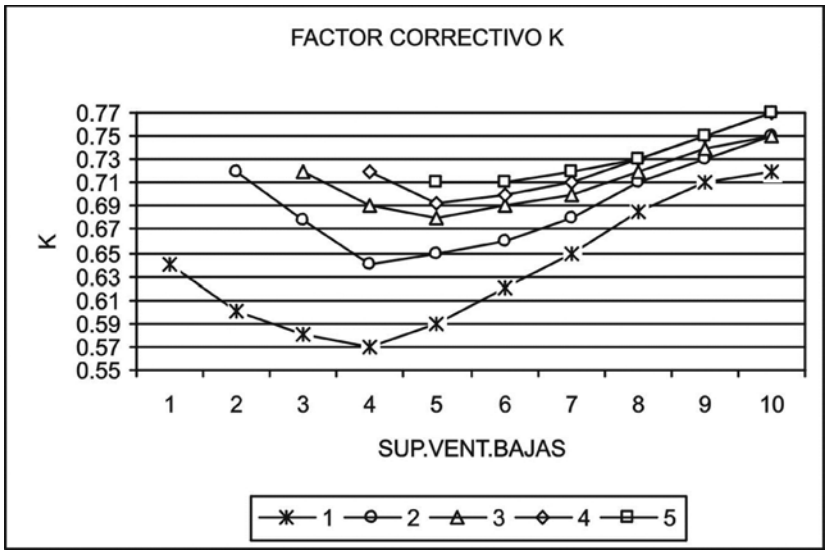


Fig. 9.67 Valores del coeficiente K de corrección, para el cálculo de ventilación por efecto chimenea.

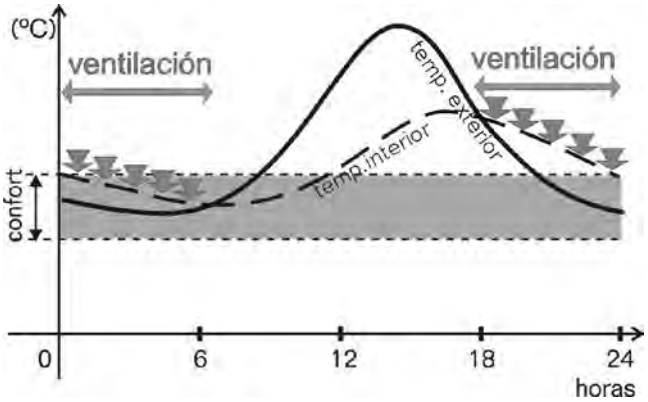


Fig. 9.68 Reducción de la temperatura interior mediante la ventilación nocturna en verano.

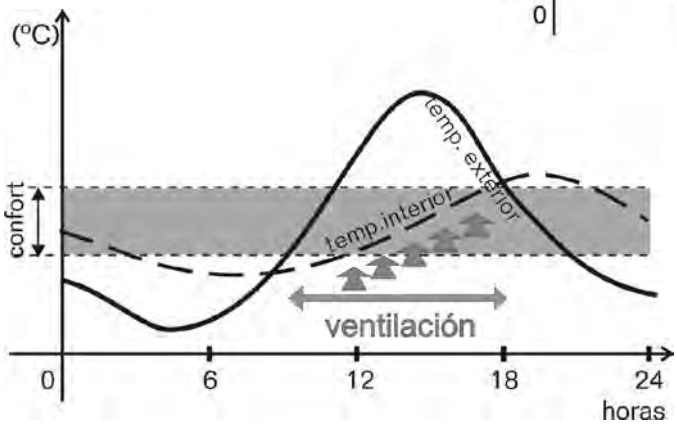


Fig. 9.69 Aumento de la temperatura interior mediante la ventilación diurna en invierno.

EFECTO DE ENFRIAMIENTO DE LA VENTILACIÓN SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Para calcular el efecto de enfriamiento ventilante sobre las estructuras (envolvente interna de un local) consideramos la siguiente ecuación:

$$Qv = c * d * V * \Omega * t$$

donde:

Qv = cantidad de calor perdida o ganada en W.

c * d = calor específico volumétrico del aire, dependiente de la presión atmosférica y humedad relativa, pero que se puede tomar para climas fríos en 1300 y climas cálidos en 1200 J/m^3 ºC.

V = caudal de ventilación en m3/s.

(También es igual al volumen del local * cambios de aire por hora / 3600).

Ω = factor de corrección, igual a 0.9 cuando tenemos 2 renovaciones por hora del volumen del aire del local, 0.65 y 0.55 con 10 y 20 R/h y 0.2 con más de 100 R/h.

t = diferencias de temperaturas ºC.

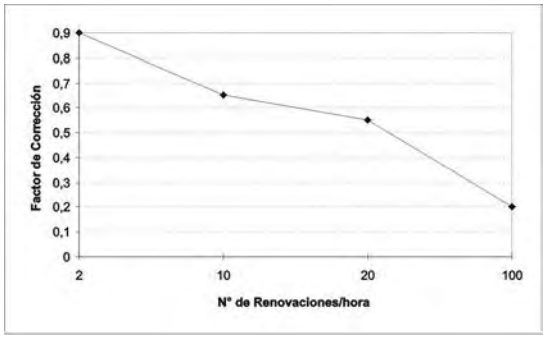


Fig. 9.70 Factor de corrección en función del Nº de Renovaciones por hora.

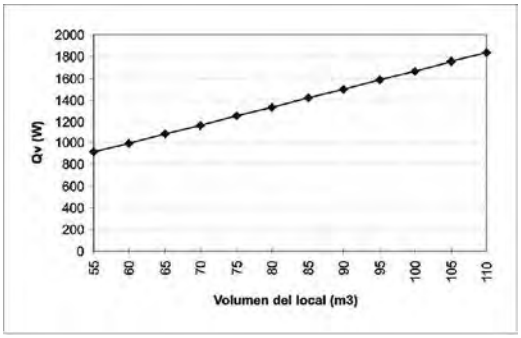


Fig. 9.72 Cantidad de calor perdida o ganada en W, en función del volumen del local.

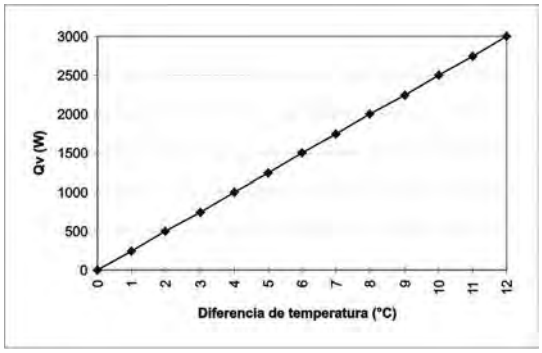


Fig. 9.71 Cantidad de calor perdida o ganada en W, en función de las diferencias de temperaturas.

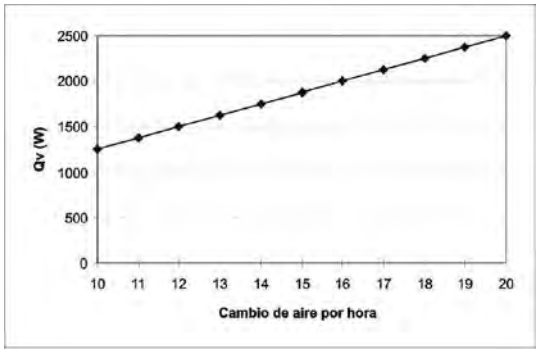


Fig. 9.73 Cantidad de calor perdida o ganada en W, en función de los cambios de aire por hora.

ESTUDIOS DE VENTILACIÓN EN MAQUETAS

Para poder estimar con alguna precisión los barridos interiores de la ventilación y el comportamiento de los vientos en el ámbito urbano, se requiere realizar estudios en maquetas por medio de túneles de humo o mediante otras pruebas desarrolladas por distintos centros de investigación (bandejas de agua o determinación por barrido de talco).

Estos tipos de estudios van a requerir de asesoramientos especializados y equipamiento muy complejo, por lo que solamente pueden ser realizados en centros de investigación.

El arquitecto puede llegar a determinaciones generales, tomando como base la información de mediciones en maquetas para otros casos y por analogías tratar de evaluar el comportamiento de la ventilación en su proyecto particular.

Fig. 9.74 Túnel de viento del Instituto de Acondicionamiento Ambiental.

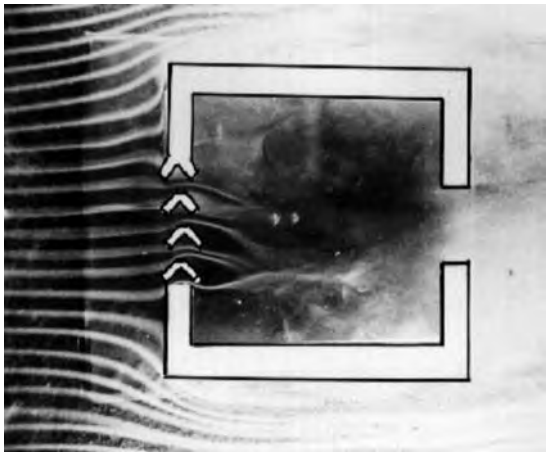


Fig. 9.75 Estudios de comportamiento de carpinterías en túnel plano.

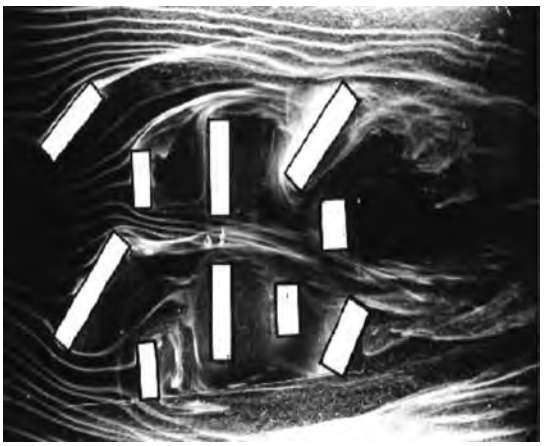


Fig. 9.76 Estudio de urbanización en túnel de viento.

REFERENCIAS

♦ Aronin J.E., "Climate and architecture", USA, Ed.Progressive Architecture Books.

♦ Bouwcentrum Argentina, "Separata Ventilación", Buenos Aires.

♦ C.S.T.B., Cahier 1492 de 1978, "Champs de pression moyenne sur les constructions usuelles", Francia, 1978.

♦ Gandemer en obra citada en obra anterior.

♦ Givoni B., "Ventilation problems in hot countries", Building Research Station, Haifa, 1968.

♦ Givoni B., "Man, climate and architecture", London, Applied Science Publisher, 1976.

♦ Gonzalo G.E., R.E.Gonzalo y N.I.Escaño, "Calificación de ventanas y aberturas", Tucumán, 1980, inédito.

♦ Gonzalo G.E., R.E.Gonzalo y N.I.Escaño "Análisis climático de S.M.de Tucumán, Tucumán,FAU,1981.

♦ Nota V.M. (2002) "Presentación PowerPoint de clase de la materia Acondicionamiento Ambiental 1, FAU-UNT, Tucumán, inédito.

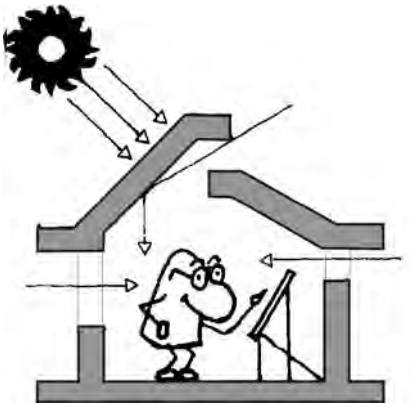
♦ Rumor-Strohmenger "Calefacción, ventilación, acondicionamiento, instalaciones sanitarias", Buenos Aires, D.Hoepli.

♦ Santamouris M. (1993) "NORMA. A method to calculate the thermal performance of passively cooled buildings", Cooling Load of Builgings, Vol. 5, V.1.1, School of Architectura, Dublin, Ireland.

♦ Santamouris M. Y D. Asimakopulos, Ed. (1996) "Passive cooling of buildings", James & James, London.

♦ Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda, "Guías de Diseño", Buenos Aires, SEDUV, s/f.

10 ILUMINACIÓN NATURAL



Por lo tanto, el vínculo que une el sentido de la vista y la facultad de ser visto es de una especie mucho más preciosa que la de todos aquellos que unen los demás sentidos a su objeto, a menos que la luz sea algo despreciable.
No - dijo - esta muy lejos de ser despreciable.

PLATON

INTRODUCCIÓN

Entendiendo que la envolvente es un filtro selectivo de las condiciones exteriores, el cual debe evitar el ingreso de los elementos negativos del clima y permitir el aprovechamiento de los aspectos beneficiosos del ambiente exterior, es que en este capítulo se desarrollan los conceptos básicos que permitirán al arquitecto aprovechar este valioso recurso que es la iluminación natural.

Para ello se abordan distintos aspectos con el propósito de permitir una conceptualización rápida de la iluminación natural; la respuesta humana a la misma; la determinación de los valores de iluminación natural en los ambientes y sus pautas para el diseño. Está destinado fundamentalmente a los arquitectos y estudiantes de arquitectura quienes asumen el mayor compromiso frente a este tema, ya que al diseñar la envolvente de un edificio están determinando las condiciones de iluminación natural que ha de tener el mismo.

En la primera parte, se explican las características de la luz natural y la respuesta humana frente a ella, los valores normativos que acercan a una cuantificación para el diseño y algunas consideraciones acerca del efecto psicológico de los colores y factores de reflexión de colores y superficies. En la segunda se incluyen los métodos que permiten estimar los niveles de iluminación natural en edificios.

Evolución de la luz natural en la arquitectura

La iluminación natural ha cumplido un rol importante en la arquitectura, siendo un elemento fundamental en el diseño de edificios confortables.

Antiguamente, la iluminación artificial solamente era utilizada en las horas nocturnas o en ambientes oscuros, en la actualidad existe una dependencia casi exclusiva por parte de la población de la luz artificial para la realización de la mayoría de sus actividades diarias: en el trabajo, en las escuelas, fábricas, oficinas etc. Este hecho determina que una gran parte de la energía consumida por los edificios se destine a la iluminación de los locales.

Debido a que el uso de la iluminación artificial contribuye significativamente a la contaminación ambiental y a que su utilización en forma exclusiva genera en los ocupantes efectos negativos desde el punto de vista sociológico y psicológico, se ha producido recientemente una revalorización de la luz natural en la arquitectura.

En el período pre-industrial las actividades se realizaban principalmente durante las horas del día y en el exterior, y los trabajos domésticos en el interior no requerían buenos niveles de iluminación.

La invención del vidrio ejerció una gran influencia en la evolución de la ventana. El vidrio provee de luz y vistas, a la vez que aísla el interior de las condiciones exteriores. Pero aún así las actividades que requieren buenos niveles de iluminación, tales como escribir, leer y pintar, debían realizarse próximas a las ventanas y durante las horas del día, ya que se disponía de una iluminación artificial primitiva.

En la arquitectura religiosa la luz natural, provista por medio de grandes vitrales, contribuye a exaltar el carácter místico de la religión en las iglesias y catedrales.

En el período pos-industrial, las nuevas técnicas para la fabricación del vidrio, que permiten paneles de mayor tamaño y el uso del acero como elemento estructural en reemplazo de los muros portantes macizos, generan nuevas tipologías edilicias: estaciones de trenes, bibliotecas, mercados, etc., con estructuras de acero y grandes superficies vidriadas. Paralelamente surgen problemas para el acondicionamiento interior de estos edificios, tales como excesivas ganancias de calor y deslumbramiento.

Asimismo, a partir del surgimiento de las fábricas, se produce un incremento de las horas de trabajo y de los requerimientos espaciales, construyéndose edificios más grandes y profundos. Este hecho genera una mayor dependencia de la iluminación artificial produciéndose grandes avances en este aspecto, siendo el más notable la invención de la lámpara incandescente en 1885.

El posterior desarrollo de la lámpara fluorescente produce el abandono definitivo de la luz natural por parte de los diseñadores al reducirse los costos relativos de la iluminación artificial. Por otra parte, con la incorporación del aire acondicionado se tiende hacia la exclusión total del clima exterior generándose un ambiente interior monótono y antinatural.

Es recién durante la última década cuando se toma conciencia de la necesidad de la conservación energética, produciéndose desarrollos tecnológicos conducentes a aprovechar el recurso de la iluminación natural tales como lumiductos, estantes de luz y nuevos materiales para controlar y redireccionar la luz diurna.

En la actualidad, los estudios científicos y análisis técnicos permiten un rápido avance en los recursos de diseño para el aprovechamiento de la luz diurna. Es necesario entonces que los diseñadores revaloricen el uso de la iluminación natural y le permitan asumir su rol vital en la arquitectura (Baker, 1993)

La iluminación y los requerimientos humanos.

Para lograr ambientes confortables desde el punto de vista lumínico es necesario conocer en primer lugar como se comporta el mecanismo mediante el cual percibimos la luz, que es el sistema de visión.

El proceso de percepción de la luz se realiza mediante los ojos que son los elementos receptores de la energía luminosa la cual transforman en energía eléctrica y la transmiten al cerebro por medio de impulsos nerviosos. Los ojos son encargados de controlar, graduar y adaptar las condiciones de iluminación para dar una respuesta de visión satisfactoria. Por ello y para comprender su relación con la iluminación, describiremos la fisiología y el comportamiento de los ojos.

EL OJO: el receptor

Fisiología del ojo

El ojo humano es un órgano de forma esférica y lleno de líquido.

En la figura 10.1 pueden observarse sus principales partes constitutivas.

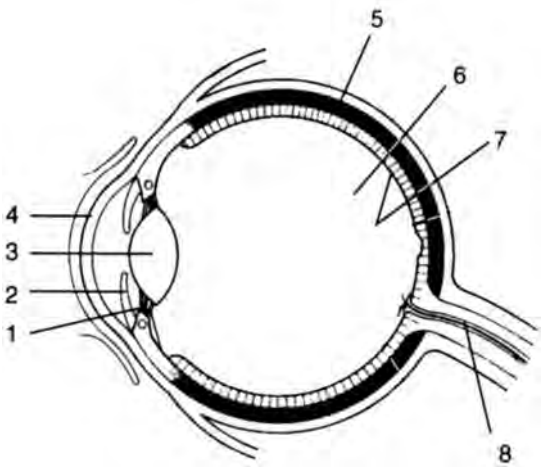


Fig. 10.1 Corte del ojo humano.
1-ligamento ciliar, 2-iris, 3-humor acuoso, 4-córnea, 5-coroides, 6-humor vítreo, 7-retina, 8-nervio óptico.

- *Párpados*: junto con las cejas y pestañas son los encargados de la protección exterior de los ojos. Se cierran rápidamente ante iluminaciones demasiado intensas, nutriendo y conservando húmeda y limpia la córnea por medio del arrastre del líquido que producen las glándulas lagrimales.

- *Conjuntiva*: es una capa de protección muy fina y transparente, continuación sobre el ojo de los párpados.

- *Córnea*: es la porción visible y modificada de la esclerótica. Cumple una función refractora de la luz, comenzando la concentración de las imágenes.

- *Humor Acuoso*: líquido incoloro y parecido al agua que ocupa el espacio entre la córnea y el iris, y cuya óptica esta ajustada a la córnea.

- *Iris*: son músculos que controlan la abertura de la pupila, agujero central del iris que aparece negro por la oscuridad interior del ojo.

- *Cristalino*: es una lente biconvexa que posibilita el enfoque de los ojos. Esta controlado por músculos que cambian su forma o curvatura y permiten la acomodación de la distancia focal para distintas distancias (desde pocos centímetros a infinito)

- *Humor Vítreo*: sustancia gelatinosa semejante a la clara de huevo que ocupa las dos terceras partes del volumen del ojo. Tiene un índice de refracción ajustado al cristalino, manteniendo los rayos luminosos en la dirección determinada por aquel.

- *Coroides*: Capa de vasos sanguíneos que suministran oxígeno y sustancias nutritivas a la retina.

- *Retina*: es la capa fotosensible. Mientras las otras partes del ojo sirven para mirar en una determinada dirección, a una cierta distancia y controlar la cantidad de luz que llega; en la retina se cumple el proceso de cambiar la energía luminosa en energía electroquímica y nerviosa, para ser transportada al cerebro.

Los receptores luminosos de la retina son los conos y bastoncillos. Los primeros son los responsables de la visión en colores, operan con luz bastante intensa (visión fotópica) Los segundos no perciben los colores, pueden, además, funcionar con poca luz (visión escotópica) y se tornan insensibles con luz intensa.

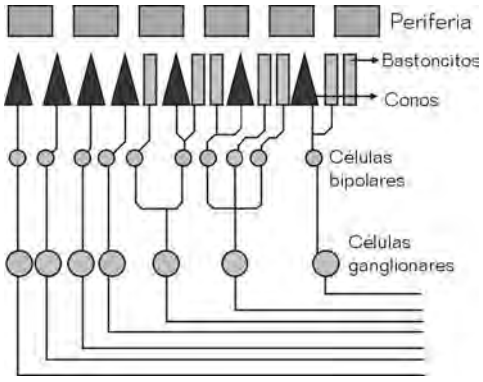


Fig. 10.2 Visión esquemática de la retina.

En la fóvea o mancha amarilla están concentrados los conos, y es la región en donde la luz se enfoca principalmente. El punto ciego es la región en donde accede al ojo el nervio óptico y por lo tanto no existen células visuales.

Funcionamiento del ojo

Para comprender el funcionamiento del ojo podemos compararlo por su semejanza a una cámara fotográfica.

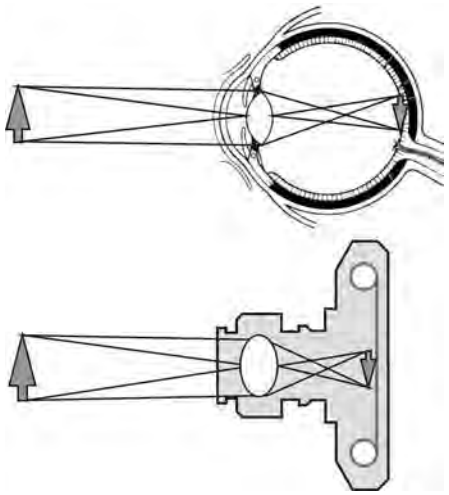


Fig. 10.3 El ojo como cámara fotográfica.

En ambos observamos un mecanismo regulador de la cantidad de luz, que en el caso del ojo es el iris y en la cámara el diafragma. En el ojo la córnea y el cristalino enfocan el objeto para dar una imagen nítida sobre la retina, papel que cumple el lente de la cámara.

La retina hace de película fotosensible y el ajuste de la distancia que en la cámara se hace llevando el lente hacia delante o hacia atrás, en el ojo se realiza variando la forma del cristalino o lente. La rapidez y automatización con que trabaja el ojo lo convierte en un organismo mucho más versátil que cualquier cámara fotográfica, así también cambia de "Película" color a blanco y negro en el momento que detecta una disminución de iluminación. Pero debemos considerar que los ojos se fueron adaptando a lo largo de los siglos a un funcionamiento que podríamos llamar natural, en cuanto a las características espectrales de la luz, la variación progresiva y lenta de la iluminación y el tipo de trabajo.

Es así que no respetar estos sistemas de funcionamiento cuando diseñamos el hábitat del hombre, será obligar a los ojos a un trabajo forzado y por lo tanto a una merma de su eficiencia total.

Conducta del ojo

El ojo es el codificador de la información exterior que le llega por impulsos luminosos, a los que transforma en señales comprensibles para el cerebro. Si bien no es afectado en absoluto (en sí mismo) por trabajos intensivos o malas condiciones de iluminación, la información que pueda enviar al cerebro genera trastornos fisiológicos tales como cansancio, errores o lentitud en el trabajo, posibilidad de accidentes, etc.

Analizaremos la conducta del ojo en cuanto a sus características de percepción y lo relacionaremos con la iluminación. Así tendremos los siguientes factores fisiológicos y objetivos del proceso visual

Factores fisiológicos

Acomodación: es la facultad que tiene el ojo, específicamente el cristalino, de enfocar objetos a distintas distancias (menos de 20 cm a infinito) Si enfocamos un objeto próximo veremos el fondo borroso y viceversa.

Durante la acomodación el cristalino cambia de forma, modificando su convexidad por medio de los músculos ciliares y por lo tanto la distancia focal. Cuando el trabajo se realiza cercano a los ojos (30 cm para lectura normal), el iris colabora con el cristalino haciendo contraer la pupila, con lo cual se logra una visión más penetrante, pero a su vez permite que entre menos cantidad de luz en los ojos. De este modo para trabajos precisos y que demanden una gran concentración requeriremos niveles superiores de iluminación.

Adaptación: es la facultad del ojo de funcionar con niveles de iluminación muy distintos que van desde los 100.000 lux o más (al exterior en verano) a 50 lux o menos (interiores con cielo cubierto) En general se puede decir que el ojo se adapta más rápido a un nivel más alto de iluminación que a uno más bajo, partiendo de un nivel medio.

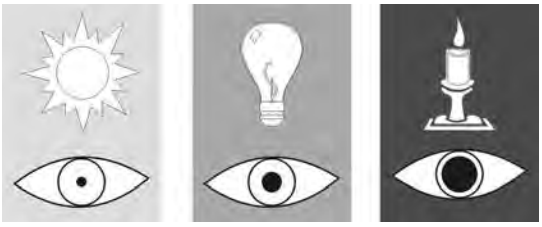


Fig. 10.4 Adaptación por cambios de dimensiones de la pupila.

Este fenómeno debe ser considerado con detenimiento por el proyectista, al diseñar edificios donde se vayan a cumplir estos procesos (hall de edificios cinematógrafos, salas de teatros, acceso a escaleras, desbordes, etc.)

Sensibilidad a los colores: el ojo no es sensible por igual a todos los colores de que se compone el espectro visible, dependiendo de la longitud de onda la mayor o menor posibilidad de percibirlos para un mismo nivel de energía. Entonces podemos hablar de dos tipos de visiones: visión fotópica o diurna que es la adaptación del ojo a iluminancias altas, en donde funcionan principalmente los conos de la retina y por lo tanto hay una adecuada definición de colores. La visión escotópica o nocturna es cuando el ojo se adapta a luminancias bajas, funcionan fundamentalmente los bastoncillos de la retina y por lo tanto no se distinguen los colores.

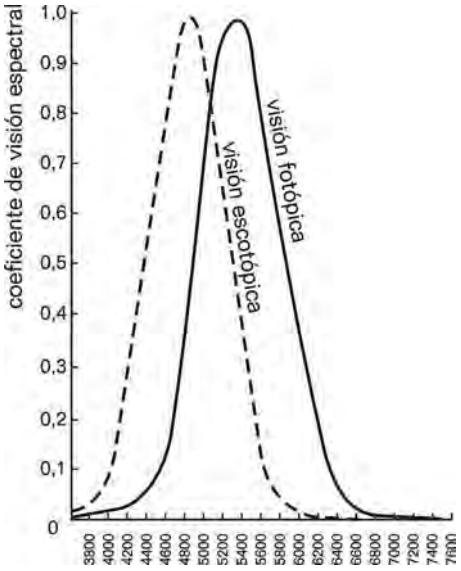


Fig. 10.5 Visión fotópica y escotópica.

La adaptación del ojo humano a la luz natural con su distribución energética de colores, determina que el proyectista deba tenerla presente al estudiar la iluminación de acuerdo al tipo de tarea que se va a realizar en los ambientes que proyecta. O bien variar esta para enfatizar situaciones u objetos, lograr determinadas motivaciones sicológicas, o responder a gustos personales del cliente.

Campo Visual: cuando los ojos están concentrados en un objeto inmóvil el campo visual en horizontal y vertical se extiende: 180º aproximadamente para visión horizontal, alcanzando cada ojo unos 150º y 140º aproximadamente para visión vertical, dependiendo de la persona pues los límites lo

determinan los párpados y las mejillas. En visión vertical se alcanza unos 60º por encima del horizonte y 80º por debajo.

Como ya vimos, en la fóvea se concentra la imagen para otorgar mayor definición al objeto observado. Más afuera la precisión disminuye sensiblemente, pero con una buena iluminación, cambios de brillo o movimiento que ocurran en esa zona serán detectados rápidamente, aspecto muy importante cuando se proyecta la iluminación de locales donde se realicen trabajos peligrosos.

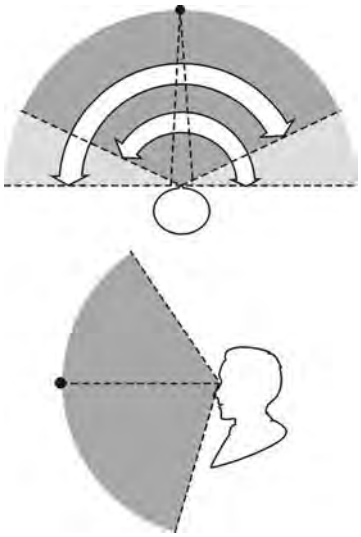


Fig. 10.6 Campo visual horizontal y vertical.

Visión Estereoscópica: cada ojo transmite al cerebro por separado la distancia a que está un objeto y el relieve del mismo (por referencia al tamaño, perspectiva y claroscuro). El cerebro combina todos estos datos en una imagen coherente, en color y tridimensional. Dado que el estímulo se produce por referencias a las luminancias relativas de un objeto, deberemos proyectar adecuadamente las fuentes luminosas para que éste se destaque (un objeto demasiado iluminado pierde perspectiva)

Defectos del ojo: los defectos del ojo más comunes son: concentración de la imagen delante de la retina (miopía), concentración de la imagen detrás de la retina (hipermetropía), córnea defectuosa con refracciones distintas en el plano horizontal y vertical (astigmatismo), disminución de la elasticidad del cristalino para concentrar las imágenes (presbicia)

Estos defectos se corrigen mediante anteojos que compensan los errores visuales. Pero debemos considerar, además, que una buena iluminación ayuda al ojo defectuoso.

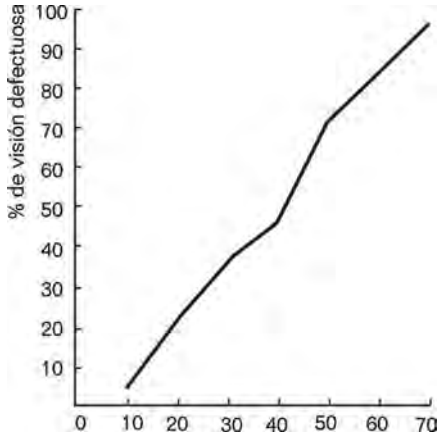


Fig. 10.7 Porcentaje de visión defectuosa, según edad.

Factores objetivos

Dimensión: en líneas generales se expresa por el tamaño del objeto. Un objeto grande será percibido con más facilidad que uno pequeño.

Se habla entonces del tamaño aparente de los objetos, de allí que instintivamente cuando no podemos apreciar con precisión un objeto, lo acercamos a los ojos. La dimensión de un objeto está estrechamente relacionada con el próximo punto.

Agudeza Visual: es la capacidad de distinguir dos puntos próximos entre sí. La agudeza visual esta directamente relacionada con el nivel de iluminación y aumenta notablemente con el aumento de éste. Por esto decimos que la iluminación cumple un "efecto amplificador", ayudando a distinguir los detalles. La máxima agudeza visual se consigue para una intensidad de iluminación de unos 15.000 lux.

Luminancia: es el brillo fotométrico, es decir, la cantidad de luz que una superficie refleja, transmite o emite en dirección a los ojos. Cuando mayor sea la proporción de luz incidente y luego reflejada o transmitida o la luz emitida en dirección a los ojos, mayor será la definición que ese objeto tendrá, por supuesto que esto se entiende dentro de los límites en que no sea una causa de deslumbramiento, en cuyo caso se producirá una reducción de la definición visual y de la sensibilidad a los contrastes. Debemos considerar entonces que para trabajos realizados con objetos de baja luminancia, se deberá incrementar la iluminación para poder alcanzar los mismos valores de percepción que con objetos brillantes.

Contraste: es la diferencia relativa de luminancias observadas simultánea o conse-

cutivamente. Se debe buscar siempre una graduación de luminancias tal que los alrededores del objeto en que se trabaja sean un poco menos brillantes que éste, y a su vez un brillo aún menor en la habitación o ambiente general. Debe cuidarse especialmente el contraste de luminancias cuando se deba trabajar con objetos pequeños, o con cortos tiempos de percepción.

Fig. 10.8 Contraste.

Efectos de Sombra: los objetos poseen una sombra propia la cual adecuadamente tratada produce un aumento del contraste y por lo tanto una mayor facilidad de percepción.

Debemos elegir al proyectar una iluminación la ubicación y tamaño de las fuentes de luz para lograr los efectos de sombras adecuados a los ambientes y al tipo de trabajo que se realice en ellos, teniendo en cuenta que las sombras muy fuertes resultan molestas debido a la continua adaptación que debe sufrir el ojo a luminancias cambiantes y que la eliminación completa de las sombras, suprime los relieves y hace que un ambiente u objeto nos parezca inexpresivo, monótono y carente de detalles.

Tiempo de Percepción: es el tiempo mínimo necesario para percibir un objeto, medido en segundos. Fisiológicamente representa el tiempo que transcurre entre la recepción de un estímulo por el ojo y la reacción subjetiva.

Velocidad de Percepción: es la relación de la distancia entre dos puntos y el tiempo necesario para percibirlos.

LA LUZ: el emisor

Naturaleza de la luz

La luz diurna es una forma de radiación electromagnética y la fuente esencial es el sol. La luz corresponde a oscilaciones extremadamente rápidas de un campo electromagnético, en un rango determinado de frecuencias que pueden ser detectadas por el ojo humano. El espectro de la luz visible suele definirse por su longitud de onda, que es más pequeña en el violeta (unas 40 millonésimas de centímetro) y máxima en el rojo (75 millonésimas de centímetro) Las frecuencias mayores, que corresponden a longitudes de onda más cortas, incluyen la radiación ultravioleta y las frecuencias aún más elevadas están asociadas con los rayos X. Las frecuencias menores, con longitudes de onda más altas, se denominan rayos infrarrojos, y las frecuencias todavía más bajas son características de las ondas de radio.

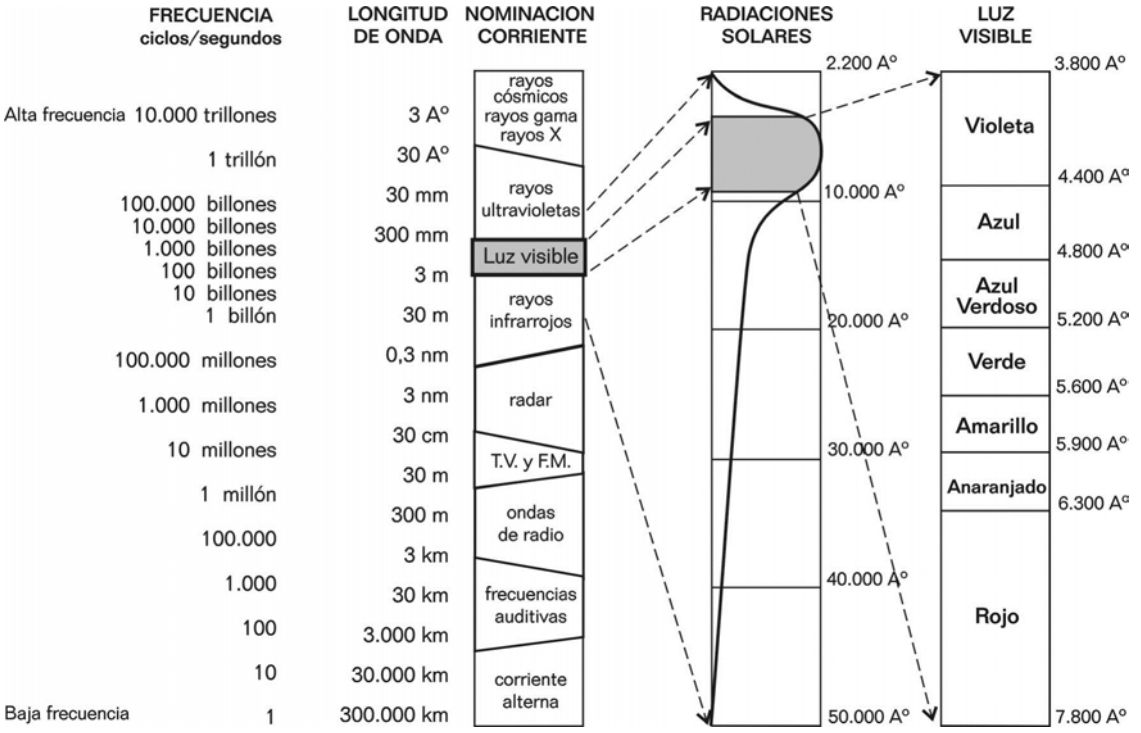


Fig. 10.9 Espectro electromagnético.

Efectos de la atmósfera sobre la radiación electromagnética

Cuando la radiación solar llega a la tierra parte de esa energía es reflejada al espacio por la nubosidad, otra parte es dispersada por las partículas en suspensión de la atmósfera y otra es absorbida por los gases componentes de la atmósfera. Por este motivo solamente una parte de la energía llega en forma de radiación solar directa.

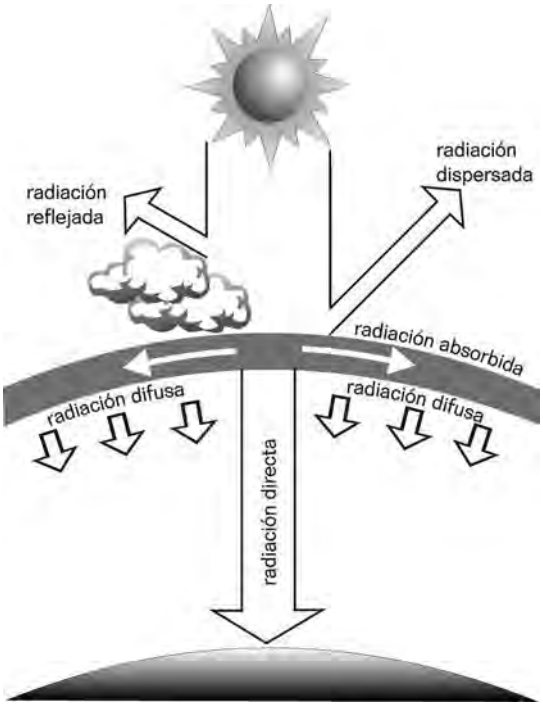


Fig. 10.10 Efectos de la atmósfera sobre la radiación.

La luz solar directa es una fuente puntual de iluminación y por ser demasiado intensa (60.000 a 120.000 luxes) no es conveniente utilizarla para la iluminación interior ya que puede ocasionar problemas de deslumbramiento y, en climas cálidos, la carga térmica asociada puede producir sobrecalentamiento.

La luz del cielo, originada por la reflexión, absorción y dispersión de la atmósfera, es una fuente de iluminación distribuida y de menor intensidad (5.000 a 20.000 lux) por lo que su uso para iluminar el interior de los locales es más conveniente.

Las condiciones promedio de la atmósfera de una localidad determinada, van a determinar la cantidad y calidad de luz natural que se puedan disponer en el exterior para el diseño lumínico de los interiores de edificios. En función de los distintos factores climáticos, de la nubosidad promedio y de la tensión de vapor la bóveda celeste podrá ser cubierta, semicubierta o despejada.

Bóveda celeste cubierta: tiene un 90 % de nubes y el sol no es visible. Es más luminoso en cenit que en el horizonte.

Bóveda celeste semicubierta: su luminancia varía entre 10.000 a 100.000 lux y es difícil de predecir por la gran variabilidad que presenta.

Bóveda celeste despejada: presenta una nubosidad menor al 30% y el sol no se encuentra obstruido por nubes. Su luminancia varía según la posición del sol, pero en general es mayor hacia el horizonte que en el cenit (Pattini et al., 1993)

Es necesario conocer las características de cada tipo de cielo para poder determinar las condiciones de diseño más convenientes, con la finalidad de aprovechar de la luz natural en el interior, como así también para la aplicación de los métodos gráficos de cálculo y evaluación.

LOS MATERIALES

Fotometría de los materiales

El conocimiento de las características fotométricas de los materiales le permitirá al arquitecto utilizarlos de un modo más eficiente para el diseño de la iluminación natural.

Los efectos que producen los materiales en la transmisión y distribución de la luz natural se pueden clasificar en:

- **Reflexión o transmisión difusa**: se produce una alteración de la distribución espacial de un rayo o haz de luz, el cual luego de reflejarse en una superficie o pasar a través de un material, se propaga en numerosas direcciones. Entre los materiales difusores perfectos se pueden mencionar: moquetas, paneles de fibras minerales, hormigón poroso o granular, césped, terciopelo.

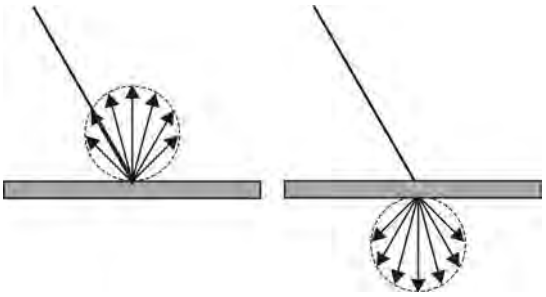


Fig. 10.11 Reflexión y transmisión difusa.

Reflexión especular: se produce una alteración de la distribución espacial de un rayo o haz de luz, el cual luego de reflejarse en una superficie, se propaga en forma perpendicular al ángulo de incidencia. En este caso la superficie refleja una imagen exacta de la fuente de luz.

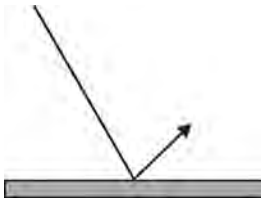


Fig. 10.12 Reflexión especular.

Reflexión dispersa: en este caso se produce una difusión de la luz que incide sobre la superficie pero con predominio de una dirección en particular, la cual depende del ángulo de incidencia del haz de luz. La dispersión puede ser alta o baja. Los materiales que presentan alta dispersión son: pinturas mate, hormigón, telas con poliéster y las superficies mate en general. Los materiales que presentan baja dispersión en general son satinados.

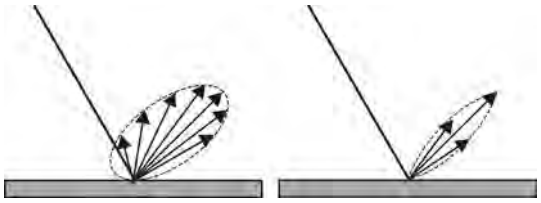


Fig. 10.13 Reflexión dispersa alta y baja.

Reflexión difusa y espejada: en este caso se produce un efecto combinado de reflexión especular y difusa. En general el componente de reflexión especular depende de la superficie de terminación del material y el componente de reflexión difusa depende del material de base. Por ejemplo: superficies laqueadas o altamente pulidas.

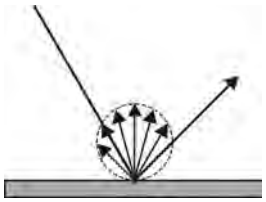


Fig. 10.14 Reflexión difusa y espejada.

Reflexión compleja: en este caso el haz de luz que incide sobre la superficie se refleja y distribuye en forma aleatoria. En este grupo se ubican los materiales que presentan superficies que no son uniformes ni lisas tales como: superficies corrugadas, superficies reflejantes irregulares, superficies prismáticas, metales plegados.

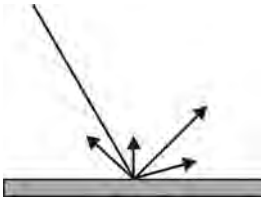


Fig. 10.15 Reflexión compleja.

Nuevos materiales

Materiales prismáticos: son elementos translúcidos que transmiten la luz por refracción. La dirección del haz de luz se altera al pasar por las superficies del prisma triangular. Estos elementos permiten controlar el ingreso de la radiación solar produciendo una variación de la transmisión de luz en función del ángulo de incidencia o sea del ángulo de altura solar.

Filmes holográficos: el principio de tales filmes se basa en interceptar la radiación solar y difractar parte de ella en otras direcciones. Este sistema tiene la ventaja de que se puede producir la difracción en un ángulo determinado para iluminar el sector del local más alejado de la ventana.

Aerogel: es un elemento sólido, transparente, de baja densidad y gran aislación térmica. (conductividad: 0,008 W/m°K). Al ser un material muy frágil es necesario colocarlo entre dos paneles de vidrio o plástico.

Elementos electrocrómicos: son sistemas activos que requieren una fuente externa de energía (electricidad). El principio consiste en la variación de las propiedades ópticas de absorción de ciertos materiales laminados por medio de la aplicación de un campo eléctrico externo.

Elementos termocrómicos: son materiales que cambian de una situación de alta transmisión a una de alta reflexión en función de una temperatura de diseño que depende del confort humano. Tienen la apariencia de un delgado film en la ventana.

Concentradores fluorescentes: cuando la luz atraviesa un material con un alto índice de refracción, se produce un fenómeno llamado reflexión interna total. Si el ángulo de incidencia de la luz excede los valores límites, el coeficiente de reflexión se transforma en 1. Este efecto se puede utilizar para concentrar la luz natural difusa en ciertos materiales. (Baker et al., 1993)

LA LUZ Y LOS AMBIENTES

La iluminación natural, desde el enfoque del arquitecto, puede ser encarada según dos objetivos principales:

1- Para lograr niveles aceptables de iluminación.

2- Para obtener resultados psicológicos (impactos)

Es decir, que al estudio de iluminación de un ambiente podemos plantearlo en cuanto a que se alcancen valores normativos que permitan el uso confortable del mismo, de acuerdo al trabajo que se vaya a realizar, o tratar la iluminación de determinados ambientes a los efectos de enfatizar formas, contrastes, sombras, colores, disposiciones, etc., tratando de lograr resultados sicológicos compatibles con el local analizado.

Normalmente el primer enfoque puede ser realizado por el especialista en luminotecnia, mientras que el segundo es privativo del arquitecto, que debe integrar el factor luz e iluminación al concepto global de diseño que quiere conseguir para un determinado edificio o local.

Deberemos considerar al analizar estos dos enfoques, sobre todo el primero, que una gran cantidad de luz no lleva necesariamente a una buena calidad en la iluminación. Se tratará mejor de una interrelación entre distintos factores que queremos lograr:

- Eficiencia en la visión de los objetos.

- Un grado de confort apropiado con la tarea a realizar.

- Énfasis adecuado al resultado estético que queremos conseguir.

Nivel de iluminación

La luz natural es muy variable en su dirección e intensidad a lo largo del día, principalmente si las condiciones del cielo son claras. Si bien esos cambios no afectan a la eficiencia visual, ya que el ojo se adapta continuamente los diferentes niveles de luz, las mediciones de los valores absolutos de iluminación no son indicativas de la eficiencia del edificio con relación a los niveles de iluminación natural.

Debido a que la iluminación interior de un local es una proporción de la luz exterior, se puede determinar el nivel de iluminación interior mediante un valor relativo denominado "coeficiente de luz diurna" (CLD). Este factor está definido como la relación entre la iluminación total diurna en un punto interior de un local, excluida la luz solar directa y la iluminación exterior simultánea sobre un plano horizontal iluminado por el total de la bóveda de un cielo cubierto normal.

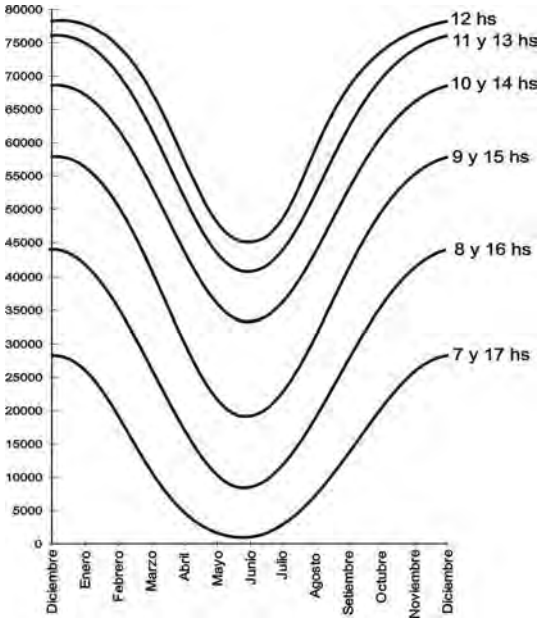


Fig. 10.16 Variación mensual y horaria de la iluminación horizontal para S.M. de Tucumán (Gonzalo, 1982)

Las normas IRAM establecen en nuestro país los valores mínimos necesarios de CLD según el tipo de edificio y función de los locales. A continuación se indican algunos de ellos (IRAM, 1969)

Clasificación de la tarea visual según dificultad	Coeficiente Luz Diurna %	Ejemplos de Locales y Tareas Visuales
Reducida	1	Circulaciones, depósitos de materiales toscos.
Mediana	2	Inspección General, Trabajo común de oficina.
Alta	5	Costura y Dibujo.
Muy Alta	10	Montaje e Inspección de Mecanismos delicados.

Fig. 10.17 CLD mínimo según tarea visual (Normas IRAM AADL J-20-02)

Destinos del local	C.L.D. %	Observaciones
Estar	2	Estos valores deberán medirse o verificarse sobre el plano útil a una distancia desde la abertura igual a la mitad de la profundidad del local.
Cocina	2	
Dormitorio	1	

Fig. 10.18 CLD mínimo para viviendas (Normas IRAM AADL J-20-02)

Locales	C.L.D.% Mínimo	Observaciones
Aulas de enseñanza en general	2 *	La relación entre los valores de iluminación máximos y mínimos no excederá, preferiblemente, de 3 a 1. Las ventanas estarán colocadas de manera que los alumnos no estén enfrentados a ellas y reciban la luz del lado izquierdo. Se tendrá especial cuidado para evitar contrastes excesivos en la línea de huella.
Aulas de enseñanza especial (dibujo, dactilografía, etc.).	5 *	
Educación física	2 *	
Escaleras	1 *	

Fig. 10.19 CLD mínimo para locales de escuela (Normas IRAM AADL J20-02)

Clasificación tarea visual s/dificultad	C.L.D. Medio %	Valor de Iluminancia lx	Ejemplos de Normas 20-06
Reducida	1	100-200	Visión ocasional circulación, depósito.
Mediana	2	200-500	Intermitente y moderada (inspección en general)
Alta	3	500-1000	Visión crítica y prolongada, inspección, trabajo fino)
Muy Alta	5	1000-2000	Visión excepcionalmente difícil

Fig. 10.20: CLD mínimo para industrias (Normas IRAM AADL J20-17)

Existen otras normativas internacionales que recomiendan valores mínimos de coeficiente de luz diurna como los de la Illuminating Engineering Society (IES, 1968)

Tipo de edificio	C.L.D. min.%	Observaciones
Cocina	2	Por lo menos el 50% del local (aprox. 4,5 m²).
Dormitorios	0,5	Por lo menos el 75% del local (aprox. 5,5 m²).
Living	1	Por lo menos el 50% del local (aprox. 7 m²).
Escuelas	2	En toda el área de enseñanza y cocina.
Hospitales	1	En toda el área de internación.
Oficinas generales	1	Con ventanas laterales y a una distancia de 3,75 m
Oficinas de dibujo	6	Sobre la mesa de dibujo.
	2	Sobre el resto de las superficies.
Laboratorios	3 a 6	Dependiendo de la importancia de ventanas laterales o cenitales.
Fábricas	5	Recomendación general.
Galerías de arte	6	Máximo en paredes.
Iglesias	1	General sobre toda la superficie.
	1,5 a 2	En el santuario.
Edificios Públicos	1	Mínimo deseable para áreas generales.

Fig. 10.21 CLD mínimo según la I.E.S.

Confort en la iluminación

Se debe tener en cuenta, además de los niveles requeridos para la tarea visual, la relación de luminancias de las superficies interiores con la finalidad de proveer un ambiente lumínicamente confortable.

Cuando las superficies presentan diferencias muy grandes de luminancias, el ojo debe adaptarse constantemente a las mismas, por lo que se ve reducida la capacidad de trabajo visual en los ocupantes.

El disconfort visual debido a la inadecuada distribución de los niveles de iluminación que produce grandes contrastes, se denomina deslumbramiento. Este efecto es ocasionado generalmente por las ventanas, cuya superficie presenta un excesivo brillo con relación al resto de los elementos interiores (paredes, cielorraso, piso, etc.)

Para evitar o disminuir este efecto es conveniente proveer al local de un adecuado nivel de uniformidad en la iluminación utilizando, por ejemplo, fuentes de luz indirecta o ventanas secundarias en otras paredes. El brillo de la ventana puede ser controlado mediante persianas móviles o cortinas livianas. El uso de colores claros mate en paredes y cielorrasos produce un incremento de luminancias en dichas superficies, reduciendo el contraste y el deslumbramiento.

El color y la iluminación

El color ejerce una influencia muy importante en las superficies iluminadas, sobre todo el efecto psicológico que puede determinar, como así también en la percepción espacial y en el comportamiento humano, ya que reduce o aumenta la fatiga, el frío o el calor, alegra o estimula, provoca repugnancia o incita a comprar.

Autores como Carlos Villar Araujo y Alvarado Romero citan algunas motivaciones sicológicas de los colores con validez para la cultura occidental contemporánea.

Así tenemos que los tonos muy saturados, especialmente de la gama del amarillo, rojo y anaranjados, tienen la propiedad de exaltar, estimular y llamar la atención. Dan sensación de cercanía y calor. Por el contrario los verdes y azules límpidos enfrían, alejan y tranquilizan. Los violáceos y todos los colores terrosos entristecen y deprimen (Alvarado Romero, 1972). En las figuras 21, 22 y 23 del Apéndice 8 se pueden ver los efectos psicológicos de algunos colores.

MÉTODOS DE CÁLCULO

Existen muchos métodos para cuantificar la iluminación natural que podemos obtener sobre un plano determinado, en el interior de un local. Podemos distinguir entre ellos tres clases:

a.- los que se basan en cálculos matemáticos, de los cuales derivan los otros.
b.- los que utilizan tablas o gráficos.
c.- los que usan tramas geométricas, transportadores o reglas de cálculo.
d.- los que utilizan mediciones en modelos.

Tratándose la iluminación interior de un valor relacionado con la exterior, y al ser ésta última cambiante de acuerdo a las horas del día, días del año y estado atmosférico, los métodos que usan diagramas o las mediciones en modelos a escala, nos dan una adecuada precisión para cálculos normales en proyectos.

Los modelos matemáticos (Gonzalo, 1982) serán de utilidad cuando se requiera una gran precisión en los cálculos, existiendo softwares muy avanzados que facilitan dichos cálculos, aconsejándose de todos modos las mediciones en maquetas como método más completo.

Con respecto a los métodos que utilizan tablas o gráficos encontraremos algunos globales, que nos indican directamente el C.L.D. (Coeficiente de Luz Diurna) y otros de varios pasos en los que obtenemos por separado la C.C. (Componente Celeste), el C.R.E. (Coeficiente de Reflexión Externa) y el C.R.I. (Coeficiente de Reflexión Interna)

Los primeros establecen una serie de compromisos y condicionamientos que se deben considerar al calcular. Los segundos le permiten, además, conocer al proyectista la influencia separada de cada uno de los coeficientes actuantes, y de este modo será más fácil su corrección.

A los fines de este capítulo ejemplificaremos el método B.R.S. (Building Research Station), el cuál fue verificado (Gonzalo, Barrera, 1984) y demostró ser suficientemente preciso y de rápida utilización.

Método B.R.S.

Este método (B.R.S, 1964) permite determinar el coeficiente de luz diurna (CLD) el cual depende de las condiciones de cielo de la localidad analizada, de las dimensiones y posición de las ventanas y de las características de las superficies interiores y exteriores próximas a la ventana. La ecuación para calcular el coeficiente de luz diurna es la siguiente:

$$CLD\ (\%) = (CC + CRE + CRI) \times \tau \times K1 \times K2$$

en donde:

CLD: el coeficiente de luz diurna es la relación entre la iluminación total diurna en un punto interior de un local, excluida la luz solar directa y la iluminación exterior simultánea sobre un plano horizontal iluminado por el total de la bóveda de un cielo cubierto normal.

CC: la componente celeste es la relación entre la iluminación diurna en un punto interior de un local, debida únicamente a la luz que proviene directamente de la bóveda celeste y la iluminación exterior simultánea sobre un plano horizontal, iluminado por el total de la bóveda de un cielo cubierto normal. Representa la proporción de luz que llega a la superficie directamente desde la bóveda celeste.

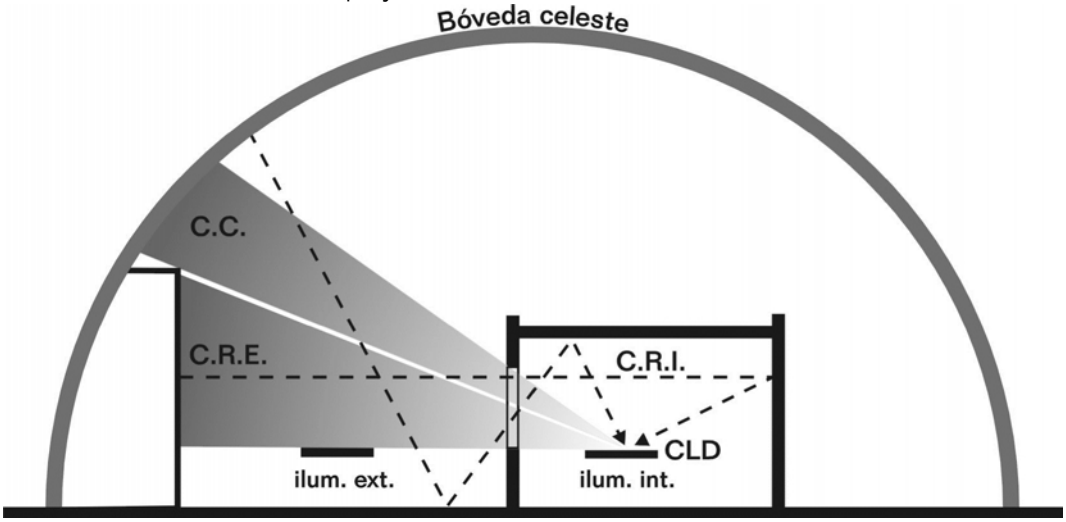


Fig. 10.22 Componentes del coeficiente de luz diurna.

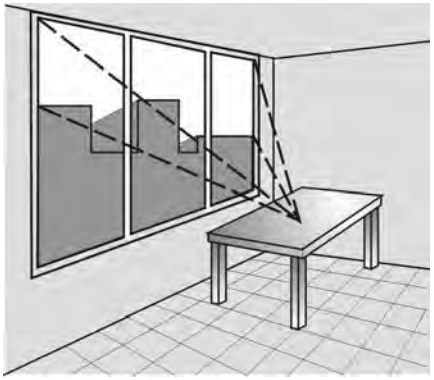


Fig. 10.23 Componente celeste.

CRE: la componente de reflexión externa es la relación entre la iluminación diurna en un punto interior de un local que recibe luz únicamente desde las superficies externas por reflexión directa y la iluminación exterior simultánea sobre un plano horizontal iluminado por el total de la bóveda de un cielo cubierto normal. Representa la proporción de luz que llega luego de ser reflejada por las superficies exteriores.

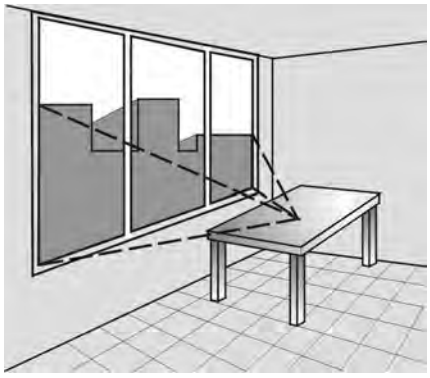


Fig. 10.24 Componente de reflexión externa.

CRI: la componente de reflexión interna es la relación entre la iluminación diurna en un punto interior de un local, que recibe luz únicamente por reflexión desde las superficies interiores y la iluminación exterior simultánea sobre un plano horizontal iluminado por el total de la bóveda de un cielo cubierto normal. Representa la proporción de luz reflejada por las superficies interiores.

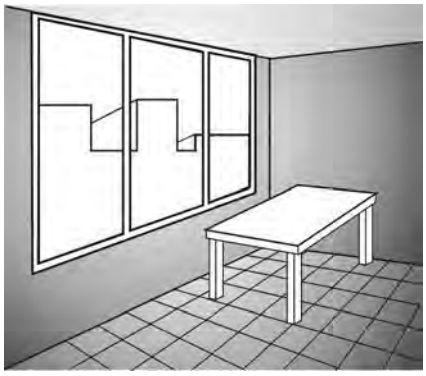


Fig. 10.25 Componente de reflexión interna.

τ: factor que representa la pérdida de iluminación debida a la transmisión de luz del vidrio. Este valor se obtiene de Fig. A8.12 del Apéndice 8.

K1: factor que representa la pérdida de iluminación por obstrucciones debida a los elementos constructivos opacos de la ventana. Este factor se expresa como una relación entre la superficie efectiva de vidrio (A_{vid}) y la superficie total de la ventana (A_{vent}):

$$K1 = A_{vi} \ / \ A_{vent}$$

K2: factor que representa la pérdida de iluminación debida al estado de limpieza del vidrio (Mascaró, 1977). Este valor se obtiene de Fig. A8.11 del Apéndice 8 en función de la posición de la ventana.

Procedimiento para el cálculo del CLD

Para encontrar cada uno de los términos de la fórmula se debe aplicar la siguiente metodología (Ledesma, Nota, 2001):

1º. Graficar en planta y corte el local (incluyendo elementos exteriores), en una escala conveniente y determinar el punto de análisis el cual, según Normas IRAM, deberá estar en el punto más desfavorable del local, en el ejemplo se ubica a 1m de las paredes más alejadas de la ventana. La altura del punto de análisis es la del plano de trabajo que en general es 0,80 m.

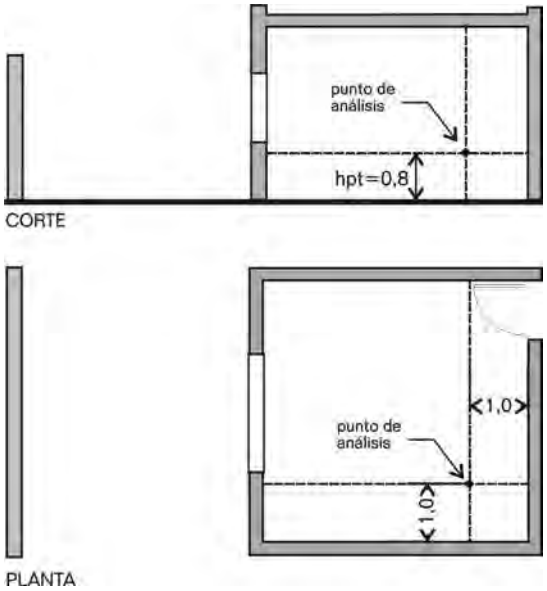


Fig. 10.26 Ubicación del punto de análisis.

2º. Determinar la Componente Celeste (C.C.), con los transportadores del B.R.S. Para ello:

a) Elegir el transportador adecuado a las características de tipo de cielo de su localidad y de acuerdo a la posición de su ventana, en el caso del ejemplo será para ventana vertical, para cielo cubierto normal. Dicho transportador se encuentra en la Fig. A8.01 del Apéndice 8.

b) Ubicar el transportador en el corte del local, haciendo coincidir el punto en análisis con el centro del transportador y considerando el sector del semicírculo que indica la componente celeste.

c) Trazar las líneas desde el punto de análisis hacia los bordes de la ventana y por la altura media de la misma. Encontrando así los valores verticales de iluminación y el ángulo promedio que va a utilizar en planta (ver figura 10.28).

d) Ubicar el transportador en la planta del local, haciendo coincidir el punto en análisis con el centro del transportador y considerando el sector del semicírculo que indica los factores de corrección.

e) Trazar líneas desde el punto hacia los bordes de la ventana, en la intersección de dichas líneas con la semicircunferencia que determina el ángulo promedio, se encontrarán los valores correctivos por el ancho de la ventana. Estos valores correctivos se sumarán en el caso que se encuentren hacia ambos lados del eje del transportador o se restarán (como en este ejemplo) cuando los valores se encuentren hacia el mismo lado.

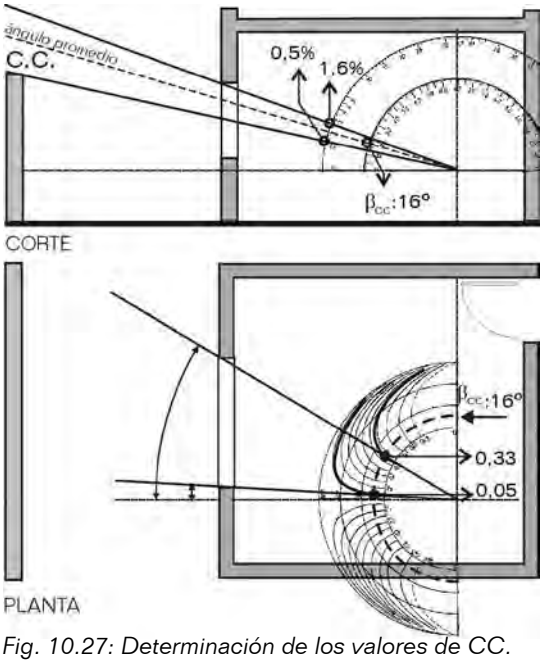


Fig. 10.27: Determinación de los valores de CC.

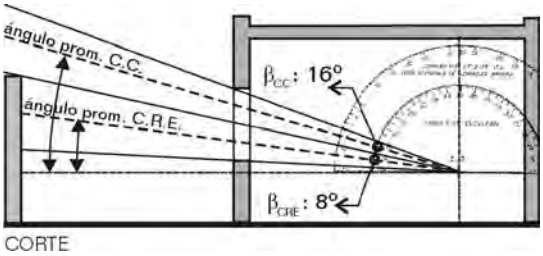


Fig. 10.28: Corte indicativo de ángulos promedios para CC y para CRE.

f) A partir de los valores obtenidos, realizar el siguiente cálculo:

C.C. [%] = % en vertical x coeficiente de corrección en planta

En el ejemplo la ecuación sería:

C.C. [%] = (1,6 % - 0,5%) x (0,33 - 0,05)

C.C. [%] = 1,1% x 0,28 = 0,31 %

En caso de ventanas en distintas paredes, con igual o diferentes alturas de antepecho y dintel, cada ventana puede ser evaluada por separado.

3º. Determinar el C.R.E., en caso de tener obstrucciones, para ello aplicar la misma metodología que usó para el cálculo de la C.C., completando el cálculo con la siguiente ecuación:

C.R.E.= % obtenido por transportadores x coef. de reflexión de la obstrucción externa.

Al coeficiente de reflexión de las superficies exteriores según el color, se obtendrá de la Fig. A8.13 del Apéndice 8.

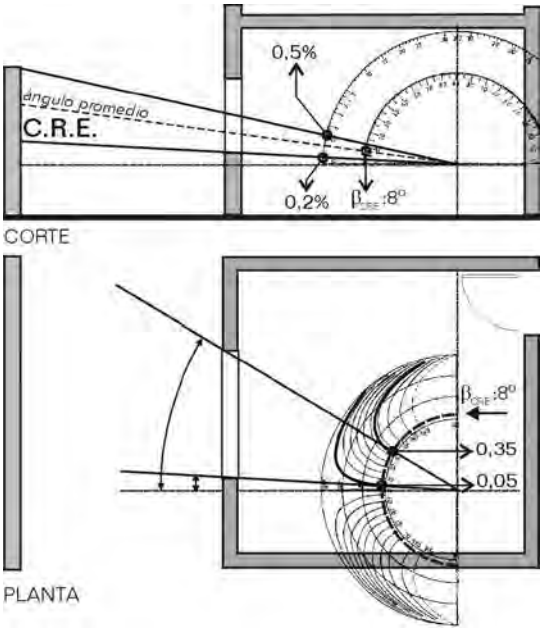


Fig. 10.29 Determinación de los valores de CRE.

En el ejemplo, para la situación de obstrucción de color blanco, la ecuación sería:

C.R.E. [%] = (0,5 - 0,2) x (0,35 - 0,05) x 0,76 C.R.E. [%] = 0,07 %

En caso de no tener obstrucciones se estima un valor aproximado de C.R.E entre 0,1% a 0,15%.

Cuando la obstrucción exterior posee diferentes alturas se debe estimar un valor promedio.

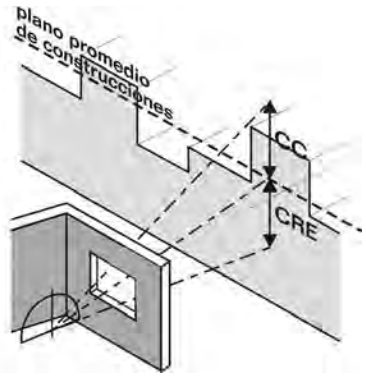


Fig. 10.30 Altura promedio de la obstrucción.

4º. Calcular la componente de reflexión interna (C.R.I.), para ello se recomienda aplicar la siguiente metodología (Hopkinson et al., 1966):

a- Seleccionar el nomograma a utilizar, en este ejemplo se emplea el nomograma correspondiente para el cálculo del C.R.I. promedio, en habitaciones con ventanas laterales, el cual se encuentra en la Fig. A8.08 del Apéndice 8.

b- Determinar la relación entre el área del vano y el área total de las superficies internas del local.

En el ejemplo:

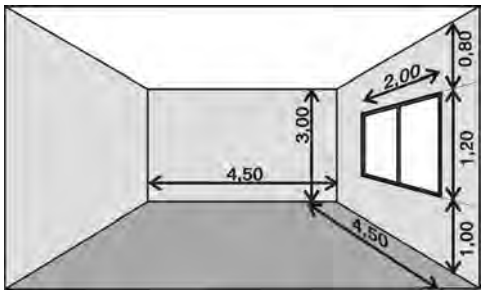


Fig. 10.31 Croquis con dimensiones del local.

- Superficie del vano: 2,4 m^2
- Superficie de paredes: 51,6 m^2
- Superficie de la cubierta: 20,25 m^2
- Superficie del piso: 20,25 m^2
- Superficie total: 94,5 m^2
- Sup.vano/ sup.total = 2,4/94,5 = 0,025 m^2

c- Con el valor obtenido se debe ingresar en la columna "A" del nomograma I.

d- Determinación del coeficiente de reflexión promedio de las superficies internas del local.

Para ello deberá tener en cuenta que los tres nomogramas para el cálculo de C.R.I., se construyeron considerando un 70% de reflexión de techo y un 15 % de piso, e incorporan un factor de seguridad para aproximar los valores a los de fórmula en caso de que las condiciones reales difieran levemente de estos porcentajes.

Por lo tanto para determinar el coeficiente de reflexión promedio pueden darse dos situaciones:

Situación 1: Que los valores de reflexión de techo y piso del local en análisis, sean próximos a los considerados en los nomogramas (70% de reflexión de techo y un 15 % de piso).

Situación 2: Que los valores de reflexión de techo y piso del local en análisis, no sean próximos a los considerados en los nomogramas.

Situación 1:

Para el primer caso deberá calcular la reflexión promedio con el uso de la tabla de Fig. A8.10 del Apéndice 8. Para ello será necesario determinar como datos:

- La relación entre las superficies de las paredes y las superficies internas totales del local.

- El coeficiente de reflexión de las paredes, el cual se determina en función del color de las mismas y los valores se pueden obtener de la Fig. A8.13 del Apéndice 8.

Con estos datos de relación superficie paredes con superficie total y reflexión de paredes, se obtiene el valor de la reflectancia promedio con el empleo de la tabla de Fig. A8.10 del Apéndice 8, se deberá interpolar si es necesario.

En el ejemplo:
- Sup.paredes/Sup.total = 51,6/94,5 = 0,55
- Reflexión de paredes: 70%
- El coeficiente de reflexión promedio obtenido es de: 55 % (valor interpolado)

sup. paredes / sup. total	Coef. de reflexión de pared %			
	10	30	50	70
0,3	33	38	43	48
0,4	30	37	44	51
0,5	26	36	44	54
0,6	23	34	45	56
0,7	20	36	46	59

Fig. 10.32 Coeficiente de reflexión promedio.

Situación 2:

Cuando los valores de reflexión de techo y piso del local en análisis son diferentes a los considerados en los nomogramas (70% de reflexión de techo y un 15 % de piso), se deberá calcular la reflexión promedio mediante la siguiente ecuación:

$$Rtot = \frac{(SvxRv)+(SmxRm)+(SpxRp)+(Stx\ Rt)}{Stotal}$$

Sv = superficie vidriada
Rv = coef. de reflexión de superficie vidriada
Sm = superficie muros
Rp = coef. de reflexión de superficie muros
Sp = superficie piso
Rp = coef. de reflexión de superficie piso
St = superficie techo
Rt = coef. de reflexión de superficie techo
Stotal=Superficie total (incluye aberturas)

e- Con el valor obtenido deba ingresar en la columna "B" del nomograma.

f- Determinar, en caso que hubiere obstrucción externa, el ángulo promedio de la misma. Este ángulo se podrá determinar gráficamente como lo indica la Fig. 10.33 y se deberá ubicar en la escala "D" del nomograma.

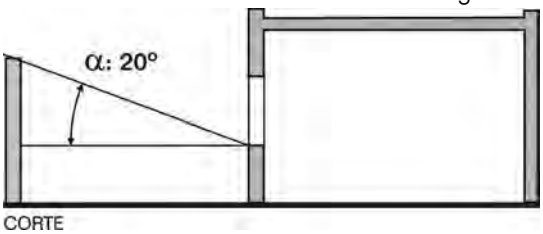


Fig. 10.33 Determinación del ángulo promedio para el cálculo de CRI con obstrucción.

g- Volcar en el nomograma los valores de relación área del vano y área total de las superficies internas del local en la escala A y el coeficiente de reflexión promedio en la escala B. Uniendo con una línea recta ambos valores se obtiene en la intersección con la escala C el valor de CRI sin obstrucción. En caso de haber obstrucción externa este último dato se une con el valor del ángulo de obstrucción externa volcado en la escala D y se prolonga la línea hasta la escala E en donde se obtiene el valor de CRI con obstrucción.

En el ejemplo con los valores de:
- Relación área del vano y área total: 0,025 (escala A)
- Coeficiente de reflexión promedio: 55 % (escala B)
- Ángulo de obstrucción externa: 20° (escala D)

El valor de C.R.I. obtenido es de 0,8 % (esc. E)

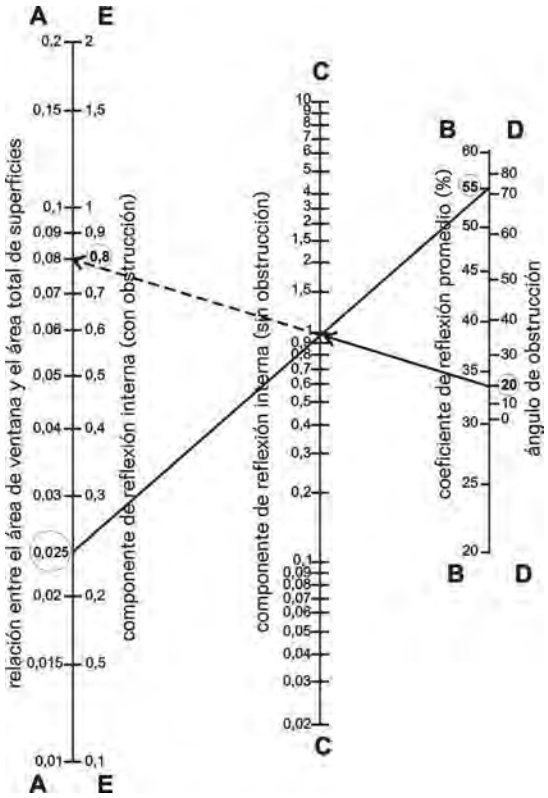


Fig. 10.34 Nomograma BRS para el cálculo de CRI para locales con ventanas verticales.

5º. Determinar los factores correctivos:

a- El coeficiente de transmisión de la ventana (t) se obtiene de Fig. A8.13 del Apéndice 8 de acuerdo al tipo de vidrio o plástico. Si el vidrio es claro, este coeficiente no se considera ya que esta pérdida está prevista en el nomograma.

b- Factor de pérdida por obstrucciones (K1): este valor lo obtendrá a partir de la siguiente ecuación:

$$K1 = \frac{\Sigma\ Sup.\ Vidriada}{Sup.\ Total\ ventana}$$

Σ Sup.Vidriada = Sumatoria de las superficies netas de vidrio o plástico, excluidas las sup. de carpintería.

Sup. Total = Superficie total del aventanamiento.

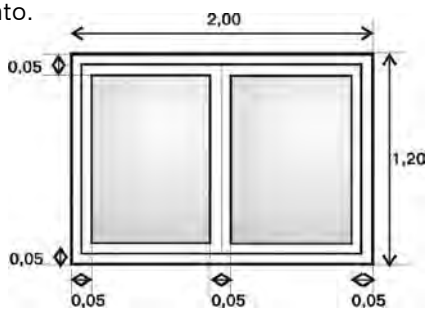


Fig. 10.35: Croquis de la ventana.

En el ejemplo:

$$K1 = \frac{2{,}04}{2{,}4} = 0{,}85$$

c- Factor de pérdidas por suciedad de la ventana (K2): este valor, que depende del estado de limpieza y la posición de la ventana, se encuentra tabulado y obtendrá de la Fig. A8.11 del Apéndice 8.

En el ejemplo: adoptamos el valor de K2 de 0,9 (estado de limpieza "bueno")

Estado de limpieza	Vidriado vertical	Vidriado inclinado	Vidriado horizontal
Bueno	0,9	0,8	0,7
Regular	0,7	0,6	0,5
Malo	0,6	0,5	0,4

Fig. 10.36 Coeficiente K2.

Reemplazar en la ecuación de C.L.D. los valores obtenidos

En el ejemplo:

CLD=0,85 x 0,9 x (0,31 + 0,07 + 0,8) = 0,9 %

El valor obtenido se debe comparar con los valores mínimos de C.L.D., normados por IRAM, para el tipo de local en análisis, estos valores que se encuentran tabulados, puede encontrarlos en las figuras A8.14 a A8.18 del Apéndice 8.

Determinación del la componente de reflexión interna (CRI) para ventanas cenitales (Hopkinson, 1966)

El cálculo de CRI, cuando el local dispone de ventanas cenitales, se realiza con el nomograma II (Fig. 10.37), que posee 5 escalas y consta de dos etapas. En la primera etapa se introduce el valor correspondiente a la relación superficie de ventanas/superficie total en la escala "A" y el valor promedio de reflexiones de las superficies internas en la escala "B". En la intersección de la línea recta que une estos últimos datos con la escala "C", la cual posee una graduación lineal arbitraria, se determina un punto.

En la segunda etapa se debe introducir en la escala "D" el valor de la "función K" la cual varía según el ángulo de inclinación de la ventana cenital y el ángulo de obstrucción. Se une con una línea recta el punto previamente determinado en la escala "C" y el factor K introducido en la escala "D" y se obtiene en la intersección con la escala "E" el valor del CRI.

Determinación de la "función K": Cuando la ventana cenital no presenta obstrucción, la

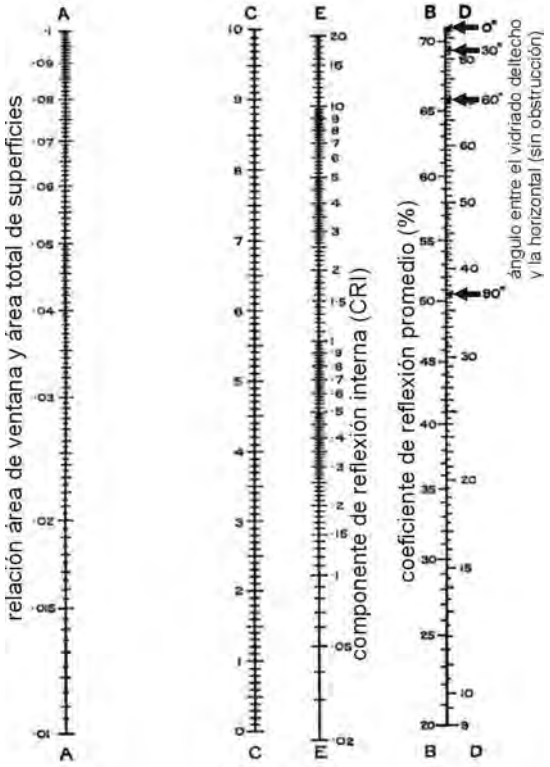


Fig. 10.37 Nomograma II para el cálculo de CRI para ventanas cenitales.

función K que se debe adoptar es la que se encuentra remarcada con una flecha en la parte superior de la escala "D" según la inclinación de las ventanas: horizontales (0º), inclinadas 30º y 60º y verticales (90º).

Para ventanas cenitales verticales con obstrucciones se deben adoptar los valores de función K indicados en la Fig. 10.39 según el ángulo de obstrucción medido desde el centro de la ventana (Fig. 10.38)

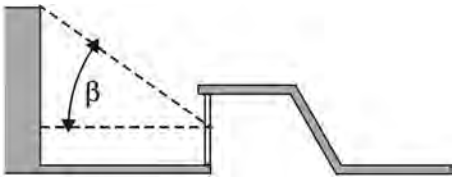


Fig. 10.38 Angulo de obstrucción para ventanas cenitales verticales.

Angulo de obstrucción	función K
0	37
10	34
20	30
30	26
40	21
50	16
60	12
70	10
80	9

Fig. 10.39 Variación de la función K para ventanas cenitales verticales con obstrucción.

Para ventanas cenitales inclinadas con obstrucción, la función K depende de la posición de las obstrucciones con relación a la inclinación de las mismas, la cual puede ser: enfrentada, opuesta o combinada. En la Fig. 10.41 y 10.42 se puede obtener la función K para diferentes combinaciones de ángulos de obstrucción para ventanas inclinadas 30º y 60º respectivamente. La columna grisada corresponde al valor de la función K para una obstrucción simple "enfrentada" a la inclinación de la ventana. La fila grisada corresponde al valor de la función K para una obstrucción simple "opuesta" a la inclinación de la ventana.

El ángulo de obstrucción se mide desde la horizontal que pasa por el punto medio de la ventana (Fig. 10.40)

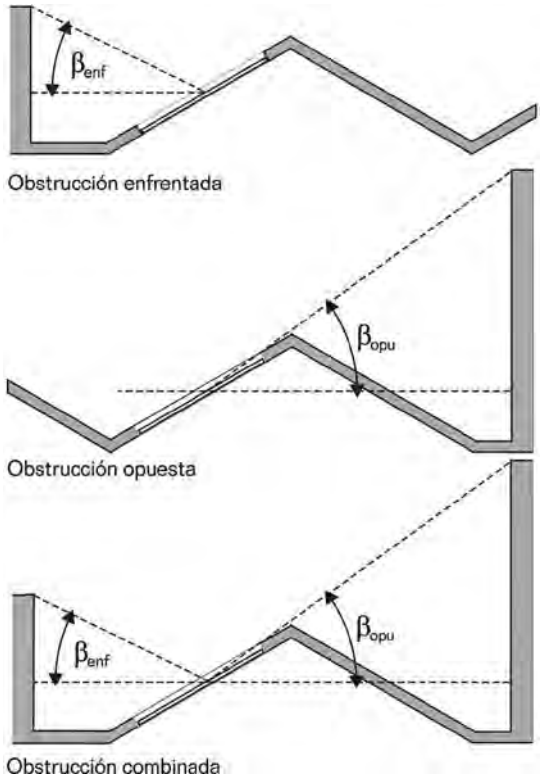


Fig. 10.40: Angulo de obstrucción para ventanas cenitales inclinadas 30º y 60º.

Angulo de obstrucción		Obstrucción **opuesta** a la inclinación de la ventana					
		0-30º	40º	50º	60º	70º	80º
Obstrucción **enfrentada** a la inclinación de la ventana	0º	82	82	81	79	74	69
	10º	81	80	80	77	73	67
	20º	78	78	77	74	70	64
	30º	74	73	72	70	66	60
	40º	68	68	67	64	60	54
	50º	61	61	60	58	53	48
	60º	54	54	53	50	46	40
	70º	46	45	45	42	38	32
	80º	37	37	36	33	29	23

Fig. 10.41: Variación de la función K para ventanas cenitales inclinadas 30º con obstrucción.

Angulo de obstrucción		Obstrucción **opuesta** a la inclinación de la ventana		
		0-60º	70º	80º
Obstrucción **enfrentada** a la inclinación de la ventana	0º	70	70	68
	10º	65	65	64
	20º	59	59	58
	30º	52	52	51
	40º	44	44	43
	50º	36	36	34
	60º	28	28	26
	70º	21	21	20
	80º	16	16	15

Fig. 10.42: Variación de la función K para ventanas cenitales inclinadas 60º con obstrucción.

Para ventanas cenitales horizontales se puede obtener la función K de la Fig. 10.44 para diferentes combinaciones de ángulos de obstrucción.

La fila o columna grisada corresponde al valor de la función K para una obstrucción simple. Cuando hay dos obstrucciones el valor de la función K para la obstrucción a un lado de la ventana se encuentra en las filas, mientras que para la obstrucción al otro lado de la ventana se encuentra en las columnas.

El ángulo de obstrucción se mide desde la horizontal y se ubica en el punto medio de la ventana (Fig. 10.43)

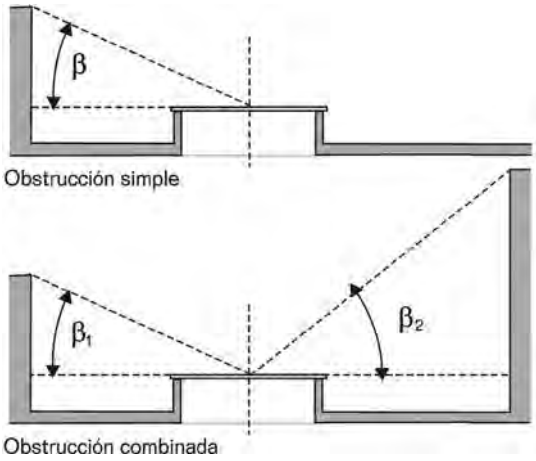


Fig. 10.43 Angulo de obstrucción para ventanas cenitales horizontales.

Angulo de obstrucción		Obstrucción al otro lado de la ventana ($\beta 2$)								
		0º	10º	20º	30º	40º	50º	60º	70º	80º
Obstrucción en un lado de la ventana (β o $\beta 1$)	0º	88	87	87	85	82	78	72	65	57
	10º	87	87	87	85	82	77	71	64	56
	20º	87	87	86	85	82	77	71	64	56
	30º	85	85	85	83	80	75	69	62	54
	40º	82	82	82	80	77	72	66	59	51
	50º	78	77	77	75	72	68	62	54	47
	60º	72	71	71	69	66	62	56	48	41
	70º	65	64	64	62	59	54	48	41	33
	80º	57	56	56	54	51	47	41	33	25

Fig. 10.44 Variación de la función K para ventanas cenitales horizontales con obstrucción.

Ejemplos de cálculo

EJEMPLO 1: aventanamiento bilateral

El local de análisis posee 3 ventanas en paredes opuestas.

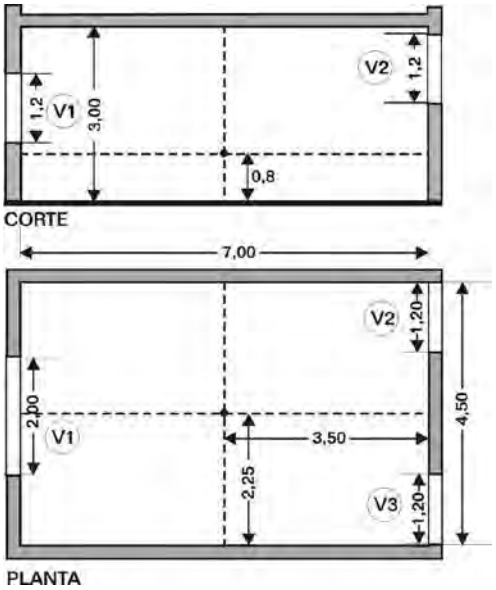


Fig. 10.45 Local y punto de análisis.

Debido a que el local posee ventanas en paredes opuestas, el punto de análisis se ubicó en el centro del mismo ya que es el lugar más desfavorable. La altura del plano de trabajo es de 0,80 m.

Determinación de la componente celeste (CC)

Se ubicó el transportador correspondiente a cielo cubierto normal y a ventana vertical en el corte del local, haciendo coincidir el punto en análisis con el centro del transportador y considerando el sector del semicírculo que indica la componente celeste para cada una de las ventanas.

Se trazaron las líneas desde el punto de análisis hacia los bordes de cada una de las ventanas y por la altura media de las mismas, encontrando así los valores verticales de iluminación y el ángulo promedio.

Se ubicaron dos transportadores en la planta del local, enfrentados a cada una de las ventanas y haciendo coincidir el punto en análisis con el centro del transportador.

En la intersección de las líneas de los bordes de cada ventana con la semicircunferencia que determina el ángulo promedio, se encontraron los valores correctivos por el ancho de las ventanas. Estos valores se suman para la ventana 1 por encontrarse hacia ambos lados del eje del transportador y se restan para las ventanas 2 y 3 debido a que se encuentran hacia el mismo lado.

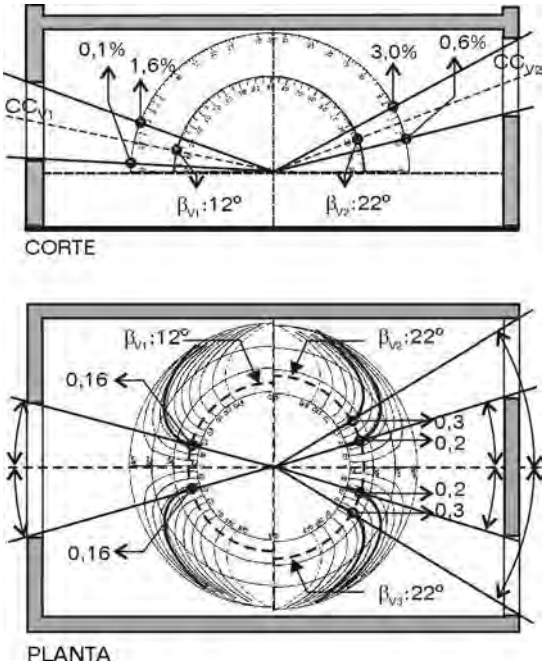


Fig. 10.46 Determinación de la CC.

CCV1= (1,6% - 0,1%) x (0,16 + 0,16) = 0,48 %

CC V2 = (3,0% - 0,6%) x (0,3 - 0,2) = 0,24 %

CC V3 = (3,0% - 0,6%) x (0,3 - 0,2) = 0,24 %

Determinación de CRE

En este caso no hay obstrucciones exteriores por lo que se estima un valor aproximado de C.R.E de 0,15%.

Determinación de CRI

Se determina la relación entre el área del vano y el área total de las superficies internas del local.

- Superficie de ventana 1: 2,4 m^2
- Superficie de ventana 2: 1,44m^2
- Superficie de ventana 3: 1,44m^2
- Superficie de paredes: 63,72 m^2
- Superficie de la cubierta: 31,5 m^2
- Superficie del piso: 31,5 m^2
- Superficie total: 132 m^2
- Sup. ventanas (1,2,3)/ sup. total =

= 5,28m^2/132 m^2 = 0,04

Con este valor se ingresa en la columna "A" del nomograma I.

Se determina el coeficiente de reflexión promedio de las superficies internas del local. Como en el ejemplo los valores de reflexión de techo y piso son próximos a 70% y 15 % respectivamente se utiliza la tabla. Para ello se establece la relación:

- Sup. paredes/ Sup. total = 63,72/132 = 0,48

- Coeficiente de reflexión de las paredes: 28% (color gris plata)

sup. paredes / sup. total	Coef. de reflexión de pared %			
	10	30	50	70
0,3	33	38	43	48
0,4	30	37	44	51
0,5	26	36	44	54
0,6	23	34	45	56
0,7	20	36	46	59

Fig. 10.47 Coeficiente de reflexión promedio.

- El coeficiente de reflexión promedio obtenido es de: 36,2 % (valor interpolado). Con este valor se ingresa en la columna "B" del nomograma I.

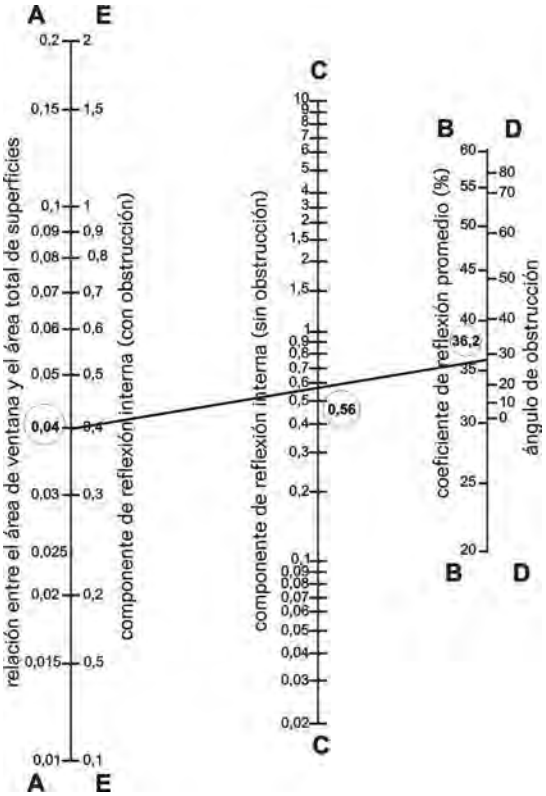


Fig. 10.48 Cálculo de CRI para el ejemplo de análisis.

El valor obtenido de CRI sin obstrucción en la escala "C" del nomograma es 0,56 %.

Se determinan los factores correctivos:

Se utiliza vidrio claro por lo que el coeficiente τ no se lo considera ya que esta pérdida está prevista en el nomograma.

Factor de pérdida por obstrucciones (K1):

$$K1 = \frac{\text{S Sup. Vidriada}}{\text{Sup. Total vent.}}$$

Sup. vidriada ventana 1= 2,14 m^2

Sup. vidriada ventana 2 y 3 = 1,24 m^2

Sup. vid. total=2,14+1,24+1,24=4,62 m^2

Sup. ventana 1 =2,4 m^2

Sup. ventana 2 y 3 = 1,44 m^2

Sup. total ventanas= 2,4+1,44+1,44=5,28 m^2

K1 = 4,62m^2/5,28m^2 = 0,88

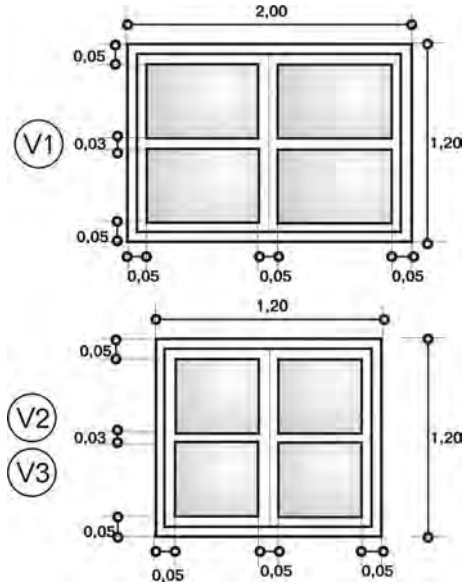


Fig. 10.49 Croquis de las ventanas 1, 2 y 3.

Factor de pérdida por suciedad (K2):

Se adopta de tabla el valor de 0,9 correspondiente a un estado de limpieza bueno para vidriado vertical

Se reemplazan en la ecuación de C.L.D. los valores obtenidos:

CLD=(CCV1+CCV2+CCV3+CRE+CRI) x K1 x K2

CLD=(0,48+0,24+0,24+0,15+0,56) x 0,88 x 0,9

CLD = 1,32%

EJEMPLO 2: Aventanamiento cenital horizontal

Para determinar el CLD en el local con ventanas cenitales se debe dibujar la planta y los cortes en dos sentidos del local, ubicando el punto de análisis en el lugar más desfavorable.

Determinación de la componente celeste (CC):

Se ubica el transportador correspondiente a cielo cubierto normal y a ventana horizontal

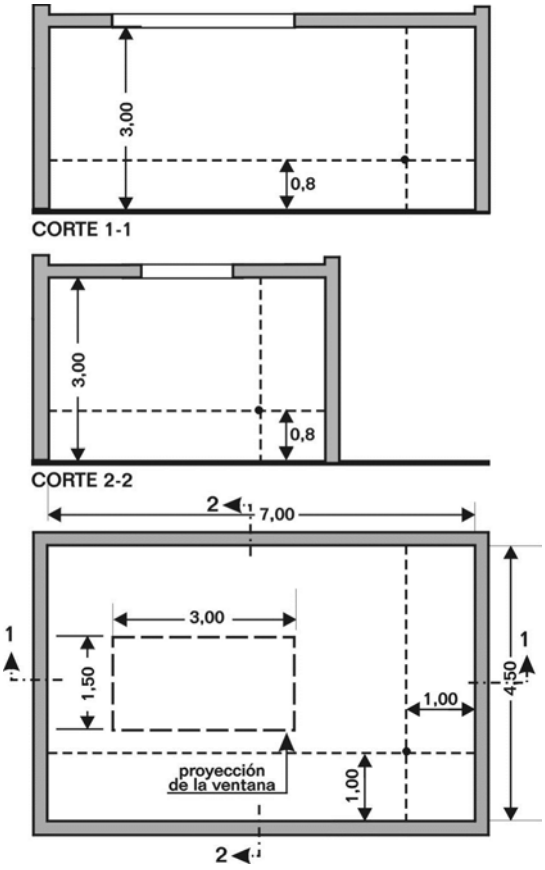


Fig. 10.50 Local y punto de análisis.

(Fig. A8.02 del Apéndice 8) en ambos cortes del local, haciendo coincidir el punto en análisis con el centro del transportador y considerando el sector del semicírculo que indica la componente celeste de la ventana.

En este caso se deben determinar dos valores de CC, uno en el corte 1-1 y otro en el corte 2-2 Se trazan en ambos cortes las líneas desde el punto de análisis hacia los bordes de la ventana y por la altura media de la misma, encontrando así para cada caso los valores verticales de iluminación y el ángulo promedio.

Se ubica el transportador en la planta del local, enfrentado a la proyección de la ventana y haciendo coincidir el punto de análisis con el centro del transportador. Se trazan las líneas desde el punto de análisis hasta los puntos medios de la proyección de cada uno de los lados de ventana.

En la intersección de las líneas que pasan por los puntos medios 1-1 de la proyección de la ventana con la semicircunferencia que determina el ángulo promedio obtenido en el corte 1-1, se encuentran los valores correctivos para el ancho de la ventana. En la intersección de las líneas que pasan por los puntos medios 2-2 de la proyección de la ventana con la semicircunferencia que determina el ángulo promedio obtenido en el corte 2-2, se encuentran los valores correctivos para el largo de la ventana. En ambos casos los valores se restan encontrarse hacia el mismo lado del eje del transportador.

En el corte 1-1:

CC1-1 =(12% - 3%) x (0,49 - 0,46) = 0,54 %

En el corte 2-2:

CC2-2 = (27% - 12%) x (0,49 - 0,37) = 1,8 %

CC total = 0,54% + 1,8 = 2,34%

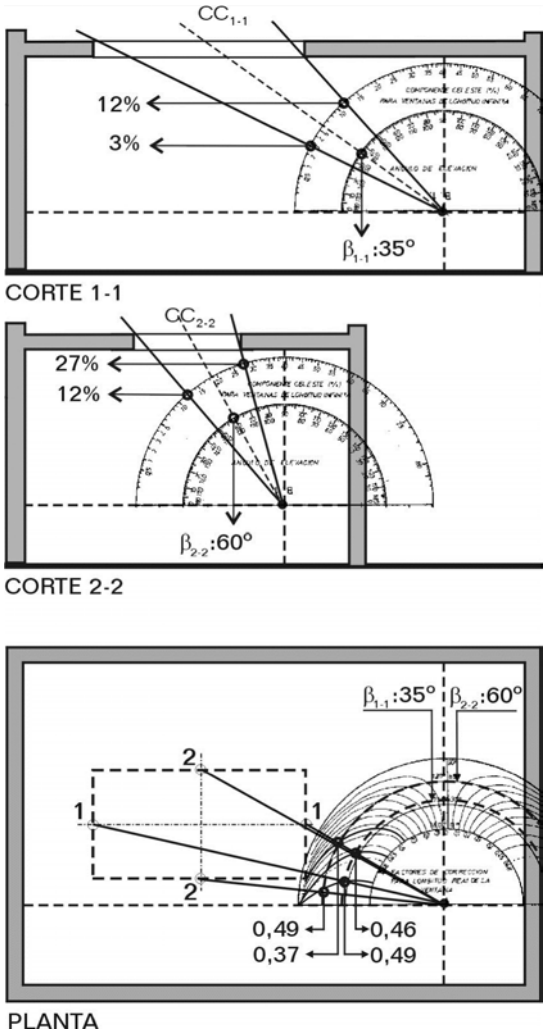


Fig. 10.51 Determinación de la C.C.

Determinación de CRE

En este caso no hay obstrucciones exteriores por lo que se estima un valor aproximado de C.R.E de 0,15%.

Determinación de CRI

Para el cálculo de CRI se debe seleccionar el nomograma II correspondiente a ventanas cenitales (Fig. A8.09 del Apéndice 8).

Se determina la relación entre el área del vano y el área total de las superficies internas del local.

- Superficie de ventana: 4,5 m^2
- Superficie de paredes: 69 m^2
- Superficie de la cubierta: 27 m^2
- Superficie del piso: 31,5 m^2
- Superficie total: 132 m^2
- Sup.vent/sup.total=4,5m^2/132 m^2 = 0,034

Con este valor se ingresa en la columna "A" del nomograma II.

Se establece el coeficiente de reflexión promedio de las superficies internas del local. Para ello se determinan:

- Sup. paredes/ Sup. total = 69/132 = 0,52

- Coeficiente de reflexión de las paredes: 54% (color verde claro)

sup. paredes / sup. total	Coef. de reflexión de pared %			
	10	30	50	70
0,3	33	38	43	48
0,4	30	37	44	51
→ 0,5	26	36	44	54
→ 0,6	23	34	45	56
0,7	20	36	46	59

Fig. 10.52 Coeficiente de reflexión promedio.

- El coeficiente de reflexión promedio obtenido es de: 44,2 %. Con este valor se ingresa en la columna "B" del nomograma II.

- En la intersección con la escala "C" de la línea que une los valores ingresados en las escalas "A" y "B" se obtiene el punto 1.

- En la columna "D" se ingresa el ángulo de inclinación de la ventana cenital que en este caso es igual a 0º debido a que la ventana es horizontal y no posee obstrucciones.

- Se traza la línea que une valor ingresado en la escala "D" con el punto obtenido en la escala "C" y se obtiene en la escala "E" el valor de CRI, que en el ejemplo es igual a 2,5%.

Se determinan los factores correctivos:

Se utiliza vidrio claro por lo que el coeficiente τ no se lo considera ya que esta pérdida está prevista en el nomograma.

Factor de pérdida por obstrucciones (K1):

$$K1 = \frac{S\ Sup.\ vidriada}{Sup.\ ventana}$$

Sup. vidriada ventana = 4,05 m^2

Sup. ventana = 4,5 m^2

K1 = 4,05m^2/4,5m^2 = 0,9

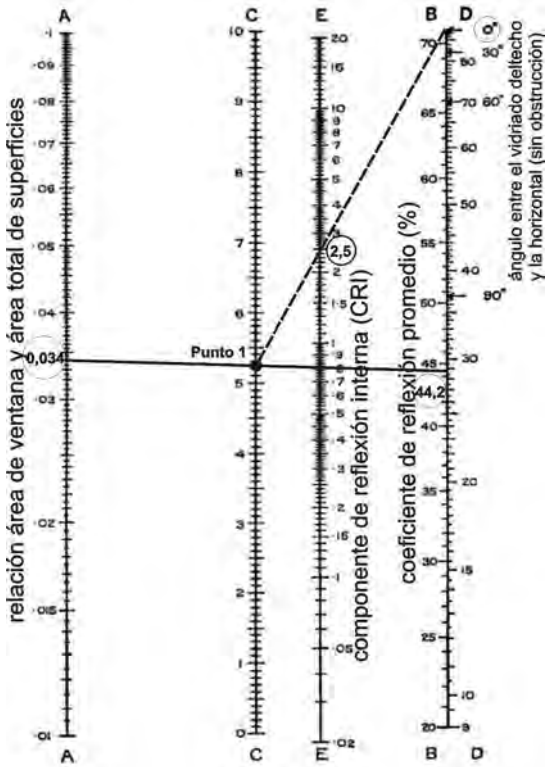


Fig. 10.53 Cálculo de CRI para el ejemplo de análisis.

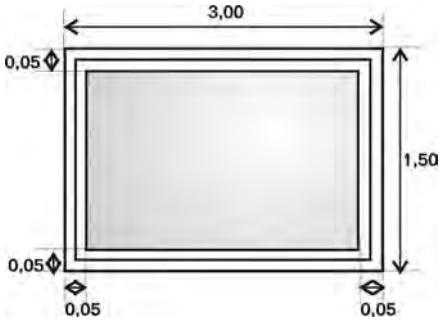


Fig. 10.54 Croquis de la ventana.

Factor de pérdida por suciedad (K2): Se adopta de tabla (Fig. A8.11 Apéndice 8) el valor de 0,5 correspondiente a un estado de limpieza regular para vidriado horizontal.

Se reemplazan en la ecuación de C.L.D. los valores obtenidos

CLD=(CC+CRE+CRI) x K1 x K2

CLD=(2,34+0,15+2,5) x 0,9 x 0,5

CLD = 2,25%

EJEMPLO 3: Aventanamiento cenital inclinado 30º

Para determinar el CLD en el local con ventanas cenitales inclinadas, al igual que en el caso anterior, se deben dibujar la planta y los cortes en dos sentidos del local, ubicando el punto de análisis en el lugar más desfavorable.

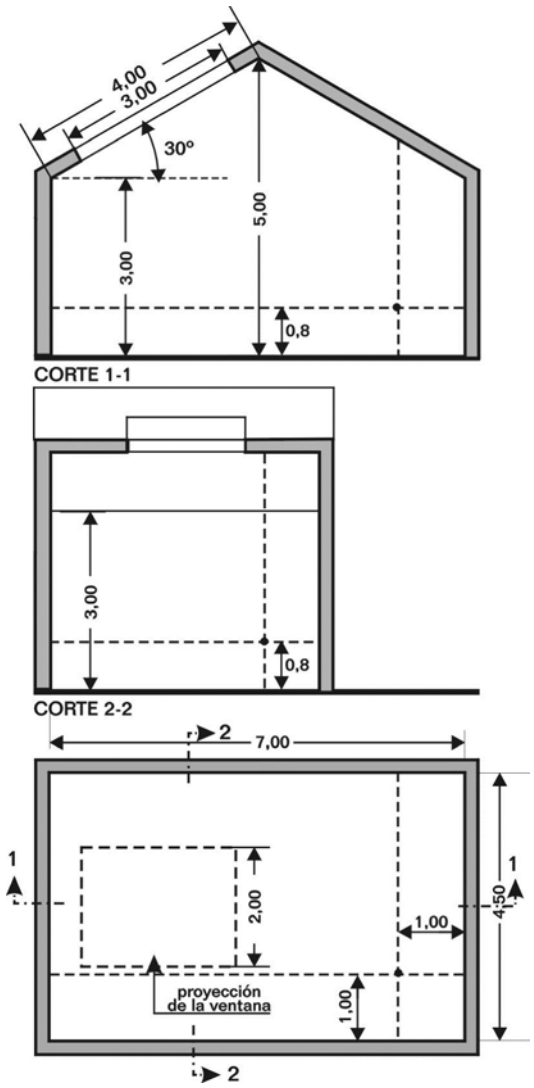


Fig. 10.55 Local y punto de análisis.

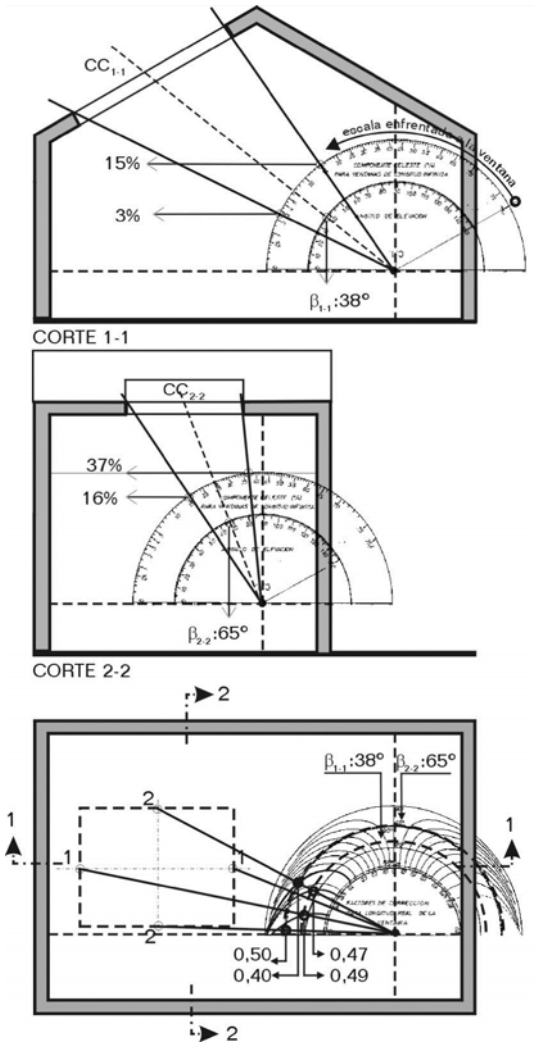


Fig. 10.56 Determinación de la CC.

Determinación de la componente celeste (CC):

Se ubica el transportador correspondiente a cielo cubierto normal y ventana inclinada 30º (Fig. A8.04 del Apéndice 8) en ambos cortes del local, haciendo coincidir el punto en análisis con el centro del transportador y considerando el sector del semicírculo que indica la componente celeste de la ventana. Se debe ubicar la escala del transportador enfrentada a la ventana. En este caso se deben determinar dos valores de CC, uno en el corte 1-1 y otro en el corte 2-2 Se trazan en ambos cortes las líneas desde el punto de análisis hacia los bordes de la ventana y por la altura media de la misma, encontrando así para cada caso los valores verticales de iluminación y el ángulo promedio.

Se ubica el transportador en la planta del local, enfrentado a la proyección de la ventana y haciendo coincidir el punto de análisis con el centro del transportador.

Se trazan las líneas desde el punto de análisis hasta los puntos medios de la proyección de cada uno de los lados de ventana.

En la intersección de las líneas que pasan por los puntos medios 1-1 de la proyección de la ventana con la semicircunferencia que determina el ángulo promedio obtenido en el corte 1-1, se encuentran los valores correctivos para el ancho de la ventana. En la intersección de las líneas que pasan por los puntos medios 2-2 de la proyección de la ventana con la semicircunferencia que determina el ángulo promedio obtenido en el corte 2-2, se encuentran los valores correctivos para el largo de la ventana. En ambos casos los valores se restan encontrarse hacia el mismo lado del eje del transportador.

En el corte 1-1:

CC_{1-1} =(15% - 3%) x (0,49 - 0,47) = 0,24 %

En el corte 2-2:

$CC_{2\text{-}2}$ = (37% - 16%) x (0,5 - 0,4) = 2,1 %

CC_{total} = 0,24% + 2,1 = 2,34%

Determinación de CRE

En este caso no hay obstrucciones exteriores por lo que se estima un valor aproximado de C.R.E de 0,15%.

Determinación de CRI

Para el cálculo de CRI se debe seleccionar el nomograma II correspondiente a ventanas cenitales (Fig. A8.09 del Apéndice 8).

Se determina la relación entre el área del vano y el área total de las superficies internas del local.

- Superficie de ventana: 6 m^2
- Superficie de paredes: 83 m^2
- Superficie de la cubierta: 30 m^2
- Superficie del piso: 31,5 m^2
- Superficie total: 150,5 m^2
- Sup. vent./sup. total=6m^2/150,5 m^2 = 0,04

Con este valor se ingresa en la columna "A" del nomograma II.

Se establece el coeficiente de reflexión promedio de las superficies internas del local. Para ello se determinan:

- Sup.paredes/ Sup.total = 83/150,5 = 0,55

- Coeficiente de reflexión de las paredes: 54% (color verde claro)

sup. paredes / sup. total	Coef. de reflexión de pared %			
	10	30	50	70
0,3	33	38	43	48
0,4	30	37	44	51
0,5	26	36	44	54
0,6	23	34	45	56
0,7	20	36	46	59

Fig. 10.57 Coeficiente de reflexión promedio.

- El coeficiente de reflexión promedio obtenido es de: 44,5 % (valor interpolado). Con este valor se ingresa en la columna "B" del nomograma II.

- En la intersección con la escala "C" de la línea que une los valores ingresados en las escalas "A" y "B" se obtiene el punto 1.

- En la columna "D" se ingresa el ángulo de inclinación de la ventana cenital sin obstrucción que en este caso es igual a 30º.

- Se traza la línea que une valor ingresado en la escala "D" con el punto obtenido en la escala "C" y se obtiene en la escala "E" el valor de CRI, que en el ejemplo es igual a 2,6%.

Se determinan los factores correctivos:

Se utiliza vidrio claro por lo que el coeficiente τ no se lo considera ya que esta pérdida está prevista en el nomograma.

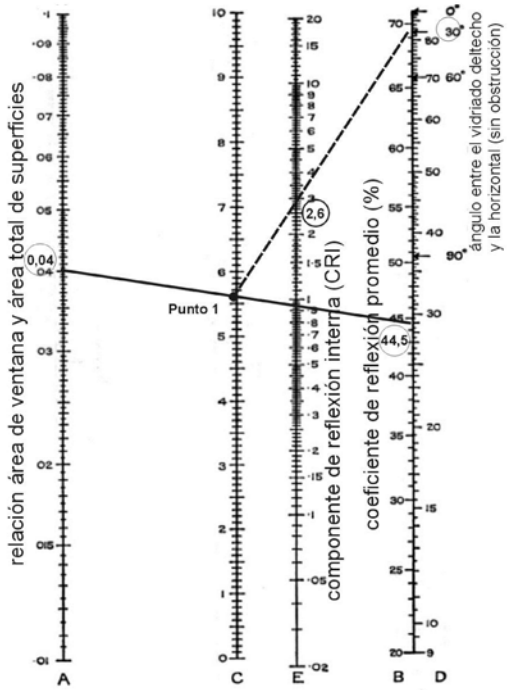


Fig. 10.58 Cálculo de CRI para el ejemplo de análisis.

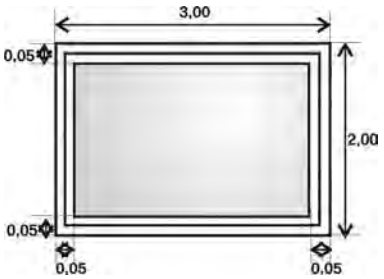


Fig. 10.59 Croquis de la ventana.

Factor de pérdida por obstrucciones (K1):

$$K1 = \frac{S\ \text{Sup. vidriada}}{\text{Sup. ventana}}$$

Sup. vidriada ventana = 5,5 m^2

Sup. ventana = 6 m^2

K1 = 5,5m^2/6m^2 = 0,92

Factor de pérdida por suciedad (K2):

Se adopta de tabla el valor de 0,6 correspondiente a un estado de limpieza regular para vidriado inclinado.

Se reemplazan en la ecuación de C.L.D. los valores obtenidos

CLD=(CC+CRE+CRI) x K1 x K2

CLD=(2,34+0,15+2,6) x 0,92 x 0,6

CLD = 2,80%

Método de Waldram para el cálculo de CC y CRE

De los métodos gráficos utilizados para el cálculo de la componente celeste, uno de los más antiguos y reconocido en las normas y códigos de edificación es el diagrama de Waldram. El diagrama es similar al ya visto de Visión de Bóveda y tiene la ventaja que permite obtener el perfil de cielo visible desde un punto del local y bajo cualquier condición de obstrucción exterior.

El diagrama de Waldram es un gráfico de "áreas iguales", es decir, que cada cuado del diagrama representa áreas de cielo que aportan una misma cantidad de iluminación sobre un punto interior ubicado en un plano horizontal. Consiste en una serie de líneas de azimut en ordenadas y curvas de alturas en las abscisas, cuya composición gráfica nos permite obtener el perfil de cielo visible desde un punto cualquiera del local y con cualquier condición de obstrucción exterior.

Si bien el trabajo con este diagrama es un poco más complicado que utilizando los del B.R.S., precisamente por la valoración ajustada que puede hacerse de las obstrucciones exteriores es lo que lo convierte en el método más preciso, sobre todo cuando existen obstrucciones de perfil irregular, para casos de investigación y para determinación de iluminación en planeamiento urbano.

La representación más conocida del diagrama de Waldram es la que comprende el 50% de la bóveda celeste (Fig. 10.57) con ángulos de azimut de +90º a -90º y verticales de 0º a 90º. Su construcción responde a una condición de cielo cubierto normal CIE y cielo cubierto uniforme. El diagrama adoptado y que explican las Normas IRAM y DIN utilizadas en esta publicación, es el referido a cielo cubierto normal CIE.

El método de uso consiste en graficar todos los bordes verticales, tanto de la ventana como de las obstrucciones, que se determinan desde el punto de medición y que se corresponden con las líneas verticales del diagrama (ángulo de azimut). A continuación se grafican todos los bordes horizontales de la ventana paralelos a ella, y de las obstrucciones, los que se corresponden con las líneas curvas convergentes a los extremos del diagrama (ángulos de altura). Se agrega, además, para facilitar el trazado de las obstrucciones, líneas de trazos convergentes al centro del diagrama que se utilizan para la determinación de los bordes que estén en planos perpendiculares al plano de la ventana.

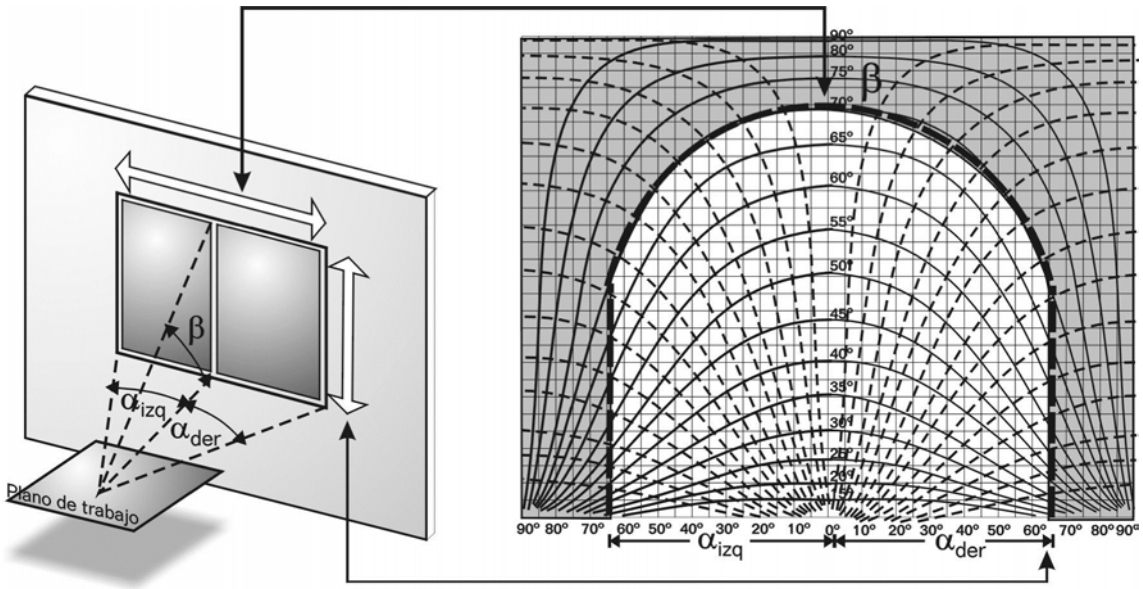


Fig. 10.60 Diagrama de Waldram y su relación con la ventana.

Ejemplo de cálculo para determinar CC y CRI

Se debe graficar en planta y en corte el local y determinar el punto de análisis. A partir de este punto se trazan las líneas de los bordes de la ventana y de las obstrucciones. Se indican los ángulos determinados por dichas líneas y el punto de análisis, en corte los ángulos β y en planta los α.

Se trasladan luego los ángulos al diagrama de Waldram (Fig. A8.19 del Apéndice 8) colocando los ángulos β en coincidencia con las

líneas curvas convergentes a los extremos del diagrama y los ángulos α en correspondencia con las líneas verticales.

Se definen de esta forma la superficie del diagrama obstruida por los elementos exteriores (CRE) y la superficie correspondiente a la porción visible de la bóveda celeste a través de la ventana (CC). Se cuentan los cuadros que abarcan dichas superficies y se determinan su relación porcentual en función del total de cuadros que contiene el diagrama.

En el ejemplo:
Total = 1008 cuadros = 100 %
CC = 45,5 cuadros = 4,51 %
CRE = 12,5 cuadros = 1,24 %

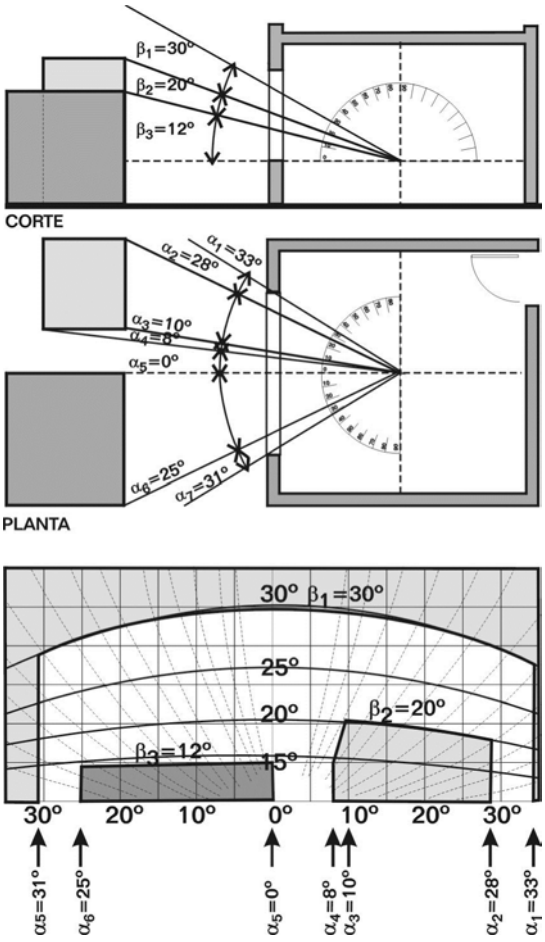


Fig.10.61 Local de análisis y sector del diagrama de Waldram con las obstrucciones.

Modelos a escala

Los modelos físicos son, por lejos, la mejor herramienta para el diseño de la iluminación natural porque debido a la física de la luz no se introduce errores de escala. El modelo físico ilustra tanto la cantidad como la calidad del sistema de iluminación. La información cualitativa es especialmente importante porque el deslumbramiento, las reflexiones y niveles de brillo son tan importantes como los niveles de iluminación. (Lechner, 1988).

Recomendaciones generales

Para lograr resultados confiables es necesario reproducir con la mayor exactitud posible las condiciones del local a estudiar, respetando las proporciones del local, superficies de vanos, proporciones de parasoles y bandejas de luz, en caso que los tuviere, colores de las superficies interiores y elementos exteriores que puedan obstruir o reflejar la luz.

Al definir las escalas se recomienda que el modelo sea lo más grande posible, pero por razones de manipuleo se recomienda una escala aproximada de 1:10 o 1:20.

Al realizar el modelo, se deberá evitar cualquier tipo de infiltración de la luz, para ello se recomienda tapar las juntas y asegurar que el material de los muros sea totalmente opaco.

Algunos autores recomiendan modelar toda la carpintería de la ventana y colocar vidrio o materiales traslúcidos imitando al mismo, otros sugieren afectar los resultados obtenidos a los factores de pérdida por obstrucción de carpintería y por transparencia y suciedad del vidriado. Además, la incorporación de equipamiento al modelo darán mayor realismo a los resultados.

De acuerdo al clima del lugar de análisis, se determina las condiciones de cielo bajo la cual se realizaran las mediciones, no obstante se recomienda medir bajo las condiciones de cielo cubierto y claro, el primero va a indicar los niveles mínimos de iluminación y permitirá verificar el cumplimiento de los requerimientos mínimos establecidos por normas. Las mediciones bajo condición de cielo claro, permitirá verificar la obstrucción de la radiación

Fig. 10.62 Maqueta en el cielo artificial de Instituto de Acondicionamiento Ambiental.

solar directa y revelar posibles problemas de deslumbramiento o excesivo brillo.

Son convenientes las mediciones de cielo cubierto en cielo artificial, ya que el mismo es más constante que el real. Este equipamiento se encuentra disponible en el laboratorio del IAA.

Para realizar la medición del modelo se debe tener en cuenta que la comparación cuantitativa debe basarse en el coeficiente de luz diurna (%) ya que este factor permanece constante aún cuando varíe la iluminación exterior (Ledesma et al., 2001)

PAUTAS DE DISEÑO

La iluminación natural en el interior de los locales está condicionada básicamente por:

- Las características de los aventanamientos: orientación, forma, ubicación, tipo de carpintería, protecciones y vidriado.

- Las características del local: proporciones, características de las superficies internas.

- Las características de las superficies externas próximas a las ventanas.

Las estrategias de diseño con relación a la iluminación natural varían de acuerdo a la situación climática del edificio, para un clima cálido es conveniente obstruir el ingreso de la radiación solar directa, la cual a la vez de producir deslumbramiento sobre los planos de trabajo, aporta calor por ganancia directa a los locales, en cambio para un clima frío la estrategia será la de aprovechar la radiación solar para lograr la calefacción pasiva del edificio, así como impedir la incidencia de la misma sobre los planos de trabajo y evitar las pérdidas de calor. La consideración de dichas estrategias condicionará también las decisiones de diseño que se adopten con respecto a las superficies transparentes tales como su orientación, forma, tamaño y posición (Ledesma et al., 2001).

Características de los aventanamientos

Orientación: la elección de la orientación del edificio generalmente está limitada por las condiciones del sitio de implantación del mismo. Sin embargo, se pueden seleccionar orientaciones más favorables durante la etapa de diseño. Es recomendable para la iluminación natural, las orientaciones norte y sur, ya que permiten el control de la radiación solar directa sin obstruir demasiado la visión de bóveda celeste desde la ventana. Las orientaciones este y oeste no son recomendables debido a los bajos ángulos de altura solar, los cuales

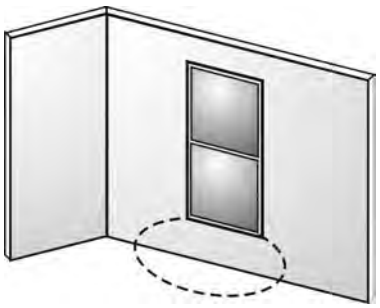


Fig. 10.63 Distribución de luz producida por ventanas altas y angostas.

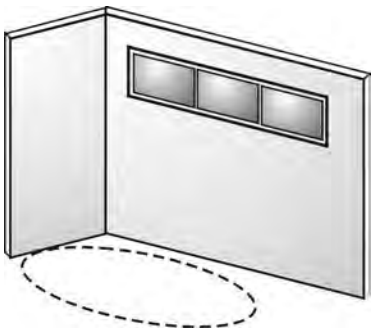


Fig. 10.64 Distribución de luz producida por ventanas alargadas horizontales.

sólo pueden ser controlados mediante pantallas enfrentadas a la ventana, las que obstruirían una parte importante de la bóveda celeste.

Forma y ubicación

Para obtener una buena iluminación lateral se deben ubicar adecuadamente las ventanas con relación al plano de trabajo. Para ello es conveniente conocer el tipo de iluminación que brindan algunas disposiciones más comunes de ventanas.

Ventanas altas y angostas: esta disposición permite una mayor penetración de luz en la profundidad del local.

Ventanas alargadas horizontales: estas ventanas ubicadas en la parte superior del muro dan una banda de luz paralela a la pared que las contiene, pero hacia el centro del local.

Ventanas en paredes opuestas: esta disposición de ventanas permite la iluminación de las paredes opuestas por lo que disminuye el contraste de luminancias a la vez que otorga una mejor distribución de la luz.

Ventanas cenitales: la iluminación cenital permite una mayor uniformidad con relación a la iluminación lateral. Es adecuada para locales anchos y profundos, pero presenta algunos inconvenientes, tales como: se puede utilizar

sólo en edificios de planta baja, la limpieza es difícil de realizar y no es conveniente para climas cálidos debido a la carga de calor que puede introducir al ambiente.

Cuando se utiliza este tipo de aventanamiento se debe eliminar la radiación solar directa de la zona de trabajo ya que puede producir deslumbramiento. Los dispositivos para impedir el ingreso de la misma pueden ser parasoles, deflectores, etc.

En los siguientes edificios se pueden observar distintas formas de utilización de ventanas cenitales para iluminar locales destinados a diferentes usos tales como oficinas y aulas de escuelas.

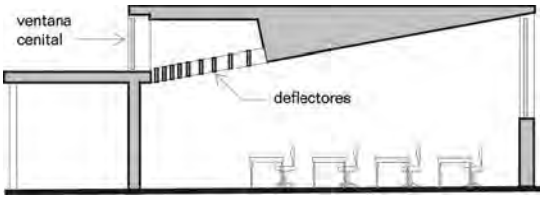


Fig. 10.65 Sistema de iluminación cenital utilizado en la Mieners Oaks Elementary School en Ojai, California.

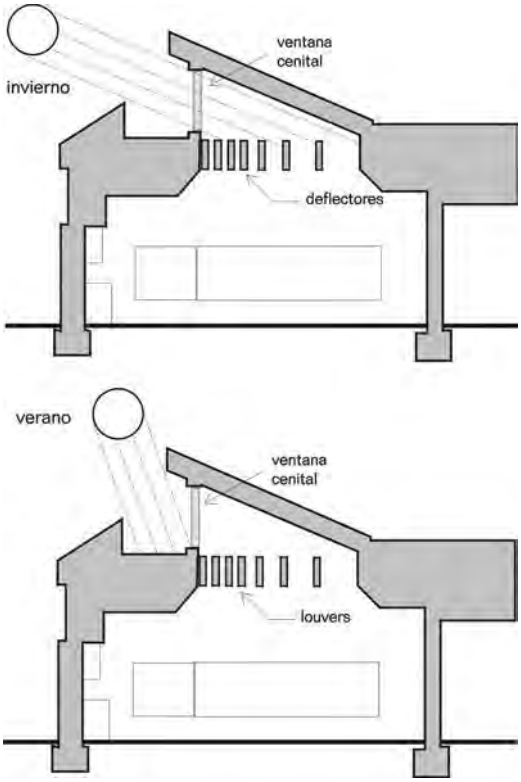


Fig. 10.66 Sistema de iluminación cenital utilizado en las escuelas Durrant Road Middle y Clayton Middle en Raleigh.

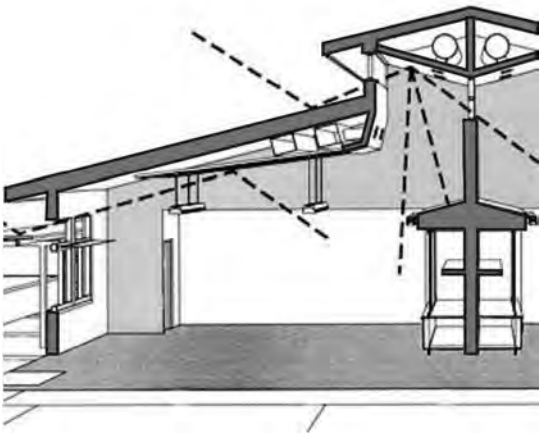


Fig. 10.67 Ventanas cenitales para iluminar la profundidad del local en las aulas de la Newport Coast Elementary School en Orange Country.

Estantes de luz: Los estantes o bandejas de luz son superficies reflectoras que permiten aumentar el ingreso de luz desde el exterior al interior de un local, dirigiéndola hacia el cielorraso.

El estante de luz es un sistema muy conveniente, ya que puede cumplir una doble función: obstruir el ingreso de la radiación solar directa, ya sea en el interior o exterior del local y mejorar los niveles de iluminación en el interior, incrementando la uniformidad en la distribución de luz y disminuyendo el deslumbramiento.

Estudios realizados en modelos físicos a escala permitieron verificar el comportamiento de las bandejas de luz, así como la eficiencia frente a la obstrucción de la radiación solar directa. Para ello se realizaron mediciones en el exterior (cielo claro) y el cielo artificial (cielo cubierto).

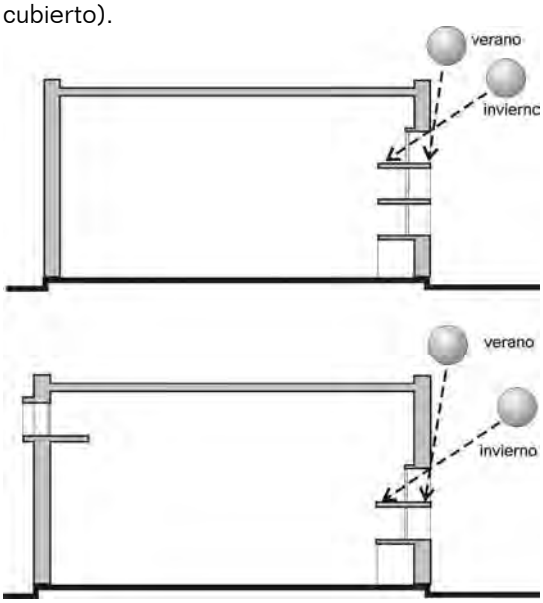


Fig. 10.68 Prototipos con bandejas de luz para la situación de iluminación unilateral y bilateral.

De los estudios realizados se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las bandejas permiten una distribución más uniforme de la iluminación en el interior del local. Para la situación de cielo cubierto, en el prototipo sin bandejas el valor de uniformidad obtenido es de 0,43, en cambio para la situación con bandejas, en las orientadas al Norte es de 0,58 y en las orientadas al Sur de 0,79.

Para la condición de cielo claro, en invierno, la uniformidad para el prototipo con bandejas al Norte es de 0,95 y la del prototipo al Sur, de 0,67.

- La presencia de bandejas de luz determina una mayor iluminación en las zonas más alejadas de las ventanas, sobre todo para las condiciones de cielo claro, siendo la orientación más conveniente la Norte, ya que permite niveles de iluminación en los puntos mas alejados de la ventana en el orden del 71 % superior que para la condición de ventanas sin bandejas. (Gonzalo et al., 2001)

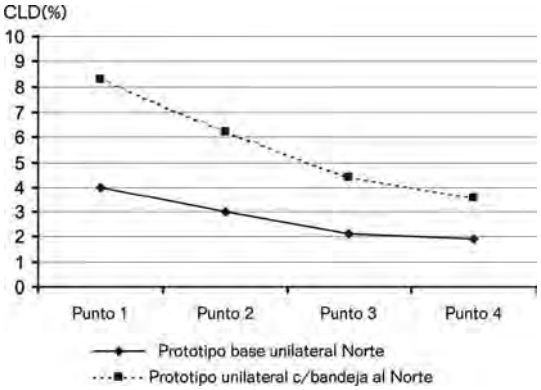


Fig. 10.69 Gráfico comparativo de los niveles de CLD para los prototipos con iluminación unilateral y bilateral al norte en cielo claro en Julio a las 12 h.

Fig. 10.70 Prototipo con iluminación bilateral, bandeja de luz al Norte, invierno 12:00 h.

Protecciones solares: los parasoles diseñados para excluir la radiación solar directa pueden utilizarse, si se los pinta de colores claros, como elementos que refuerzan la iluminación natural por medio de reflexiones hacia el interior. Dichos parasoles pueden ser horizontales, verticales, deflectores, pantallas difusoras, entramados, etc.

Las cortinas interiores también pueden utilizarse para difundir la luz proveniente de la radiación directa, pero para reducir las ganancias de calor, principalmente en climas cálidos, es mucho más eficiente la protección solar exterior.

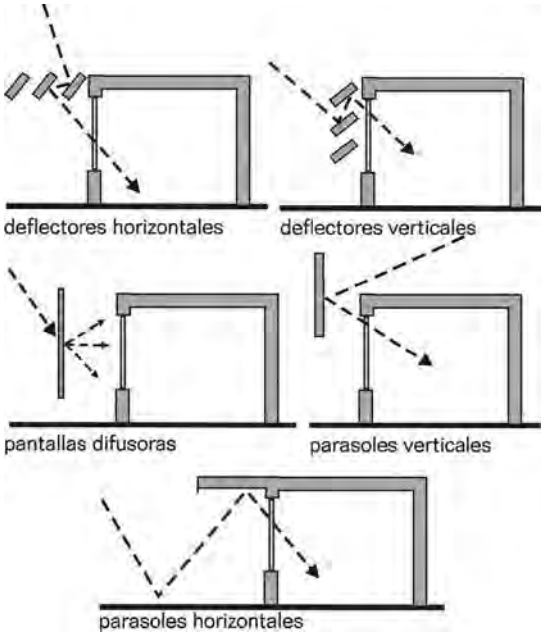


Fig. 10.71 Utilización de parasoles como fuente de luz difusa hacia el interior del local (Lechner,1987)

El contraste entre la ventana y la pared puede reducirse utilizando bordes profundos inclinados o redondeados hacia el interior. Estos bordes generan una transición de brillos y debido a que las paredes adyacentes no se encuentran tan oscuras en comparación a la ventana, se reduce el contraste.

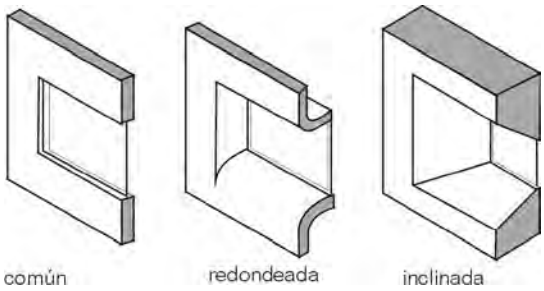


Fig. 10.72 Vista desde el interior de diferentes tipos de bordes de ventanas para reducir el contraste.

Sistemas para el redireccionamiento de la luz natural

Elementos reflejantes exteriores: estos elementos, al recibir gran cantidad de luz desde la bóveda permiten introducir mayor cantidad de luz que otros sistemas de control.

Los sistemas reflejantes exteriores pueden mejorarse utilizando elementos ópticos curvos. También pueden incorporarse elementos prismáticos para redireccionar la luz hacia el interior y evitar el ingreso de radiación solar directa.

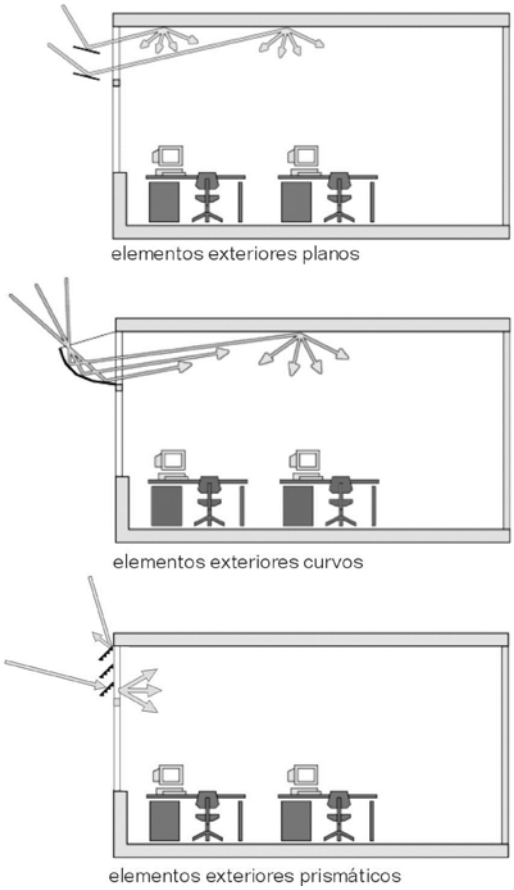


Fig. 10.73 Sistemas reflejantes exteriores para el redireccionamiento de la luz natural (Rayfront, 2001)

Elementos reflejantes interiores: los elementos interiores utilizados para reflejar la luz generalmente se ubican en forma de bandejas de luz y las superficies son altamente reflejantes y difusoras. Este sistema puede ser más eficiente si se utilizan elementos ópticos curvos.

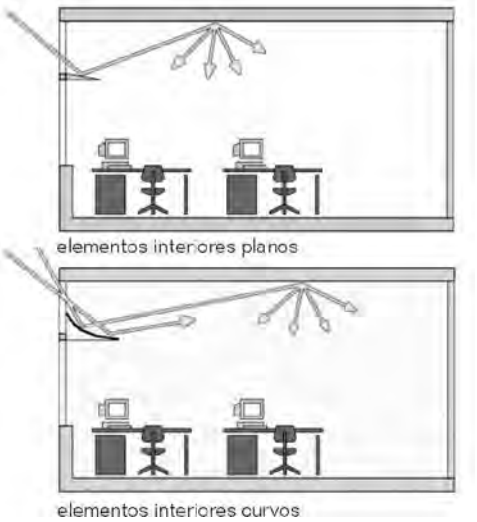


Fig. 10.74 Sistemas reflejantes interiores para el redireccionamiento de la luz natural (Rayfront, 2001)

Superficies interiores: los colores oscuros reducen la efectividad de la iluminación natural. Por este motivo se recomienda utilizar colores con los siguientes porcentajes de reflexión (IES, 2001):

- Cielorraso: menor a 80%
- Paredes: entre 50 a 70% (utilizar el valor mayor para la pared que contiene la ventana)
- Piso: entre 20 y 40%
- Equipamiento: entre 25 a 45%

Se recomiendan superficies con acabado mate para una mejor distribución de la luz y para evitar el deslumbramiento por reflexión hacia los ojos.

Es conveniente, cuando sea posible, utilizar tabiques translúcidos o transparentes como divisiones interiores para que la luz pueda atravesar los mismos.

Organización del espacio

Es conveniente ubicar las actividades que requieren altos niveles de iluminación próximas a la ventana, agrupándolas según requerimientos similares de iluminación. No es recomendable ubicar los locales con bajas necesidades de iluminación (servicios, office, baños, etc.) en las zonas perimetrales.

Es conveniente que el ocupante se ubique de tal manera que la ventana se encuentre al costado o atrás del mismo para evitar el deslumbramiento producido por la visión directa hacia la ventana. En caso de utilizar equipos de computación la ventana atrás puede provocar brillos molestos sobre la pantalla.

REFERENCIAS

♦ Alvarado Romero R. (1972). "Servicio Ambiental", México, McGraw Hill.

♦ Ameet Nidra (1998). "La Sección de Ojai, Vital SignStudent, Case Study Competition, UCLA". http://www.arch.ced.berkeley.edu /vitalsigns/bld/bld_main.html

♦ Araujo C.V., "Efectos psicológicos del color".

♦ Architecture Week, Building Departament. (2001). "A School with Daylight", http://www.architectureweek.com/2001/0328/building_2-1.html

♦ Backer, Fanchiotti F. y otros (1993) "Daylighting in Architecture, a European Reference Book", Ed. James & James.

♦ British Standard Code of Practice. (1968). "Lighting", London, BSCP.

♦ Buildig Technology Program Lawrence Berkeley Natonal Laboratory. "Envelope & Room Decisions, Tips for Daylighting with Windows", Sección 3. http://eetd.lbl.gov/ btp/pub/ designguide/download.html

♦ Building Research Station, "Daylight Protractors", London, B.R.S., s/f.

♦ Building Research Station (1964). "Estimating daylight in Buildings", London, B.R.S.

♦ Gonzalo G.E., Tortonese A., Ramos M. y Boldrini P. "Diseño y construcción de un cielo artificial para el Instituto de Acondicionamiento Ambiental". XXIII Congreso de ASADES. Resistencia. Pág. 05.17-18, (2000).

♦ Gonzalo G. , Ledesma S.L., Nota V., Márquez G. (2001). "Evaluación comparativa del comportamiento lumínico y térmico de diferentes soluciones de aventanamientos para escuelas y oficinas de la provincia de Tucumán". Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen: 5, páginas 05.13-05.18.

♦ Gonzalo G.E., "Software para el cálculo de radiación e iluminación teóricas en plano horizontal", Tucumán, IAA-FAU-UNT, inédito.

♦ Gonzalo G.E. (1982). "Determinación de la iluminación natural en interiores por computadora", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E. y M.Barrera (1984). "Verificación de métodos gráficos para iluminación natural", Tucumán, Prog.Postgrado T.E.A., UNSTA.

♦ Gonzalo G.E. (1995). "Iluminación natural", Tucumán, FAU-UNT .

♦ Hopkinson R. G., P. Petherbridge y J. Longmore (1966). "Daylighting", London, Heineman.

♦ Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, "Normas IRAM-AADL 20-01 a 20-06", Buenos Aires, IRAM.

♦ Kellan A. (1996). "Natural light aids learning, CNN Interactive Technology". http://www.cnn.com/TECH/9606/06/daylight.school/

♦ Lechner N. (1987). "Windows Daylighting Strategies". The Resource Center and Reference Library for The Lighting Industry. http://www.lightforum.com/index.html

♦ Lechner N. M. (1988). "Phisical models as daylighting design tools", Architectural Lighting Magazine, The Resource Center and Reference Library for The Lighting Industry. http://www.lightforum.com/index.html

♦ Ledesma S.L., Nota V., Márquez Vega G. (2001). "Iluminación natural en aulas y oficinas. Síntesis de estudios sobre el tema". IAA, FAU, UNT.

♦ Ledesma S.L., Nota V. (2001). "Guía de trabajos prácticos. Materia Acondicionamiento Ambiental 1". IAA, FAU, UNT.

♦ Mascaró L. (1977). "Luminotecnica, luz natural", Manual Summa 1, Ed.Summa, Buenos Aires.

♦ Rayfront M. (2001) "Lighting simulations knowledgebase. Daylight redirection systems". http://www.schorsch.com/kbase/ prod/ redir/index.html.

♦ Retondo M.J., "Seminarios de iniciación en docencia e investigación: tema iluminación natural", Director G.E.Gonzalo, IAA-FAU-UNT, inédito.

♦ Smiley F. (1996). "Durant Middle School, Raleigh, The Resource Center and Reference Library for The Lighting Industry". http://www.lightforum.com/index.html

♦ The Pacific Gas and Electric Company (1999). "Daylighting Initiative. Escuela elemental Dena Boer en Salida, California". www.pge.com/pec/daylight

♦ Vieyra J.R. (1964). "Test escolares", Buenos Aires, Editorial Insula.

11 HELIOENERGÉTICA

La estabilidad de un horcón no perdura,
pero la bondad y el calor del sol si perdura
porque tenemos su cristal en nuestro ser.
MITOLOGIA DESANA-COLOMBIA

El sol y la luna, el día y la noche, la primavera y el invierno,
no en vano ordenaste. ¡Oh, Uira-Cocha!
Todos ellos recorren el camino que les señalaste;
todos ellos llegan
a la meta que les destinaste, adonde quiera que quisiste.
POESIA QUECHUA

INTRODUCCIÓN

Sin olvidarnos en ningún momento que el diseño de un edificio es el resultado de un compromiso entre muchos factores participantes, que tiende a lograr el máximo resultado, podemos analizar por separado la influencia del sol e indicar las principales premisas a considerar con finalidad de una eficacia conjunta (Gonzalo, 1986). La elección de forma, tamaño, disposición y controles de las aberturas de un edificio deberán ser el producto de una síntesis de diseño, luego del análisis de todos los factores actuantes, destacando como uno de los más importantes la influencia de la radiación solar directa y difusa, sobre todo al considerar el balance energético dirigido a optimizar costos y disminuir consumos.

EL SOL

El sol es el centro del sistema planetario y es prácticamente la única fuente de radiación que recibe la Tierra, radiación que posibilita la existencia de luz, calor y vida, además de ser factor preponderante en la generación de los fenómenos climáticos. Es así que la palabra clima significa inclinación en su raíz etimológica y se refiere a la oblicuidad de los rayos solares.

Es una estrella esférica de plasma, con un diámetro aproximado a 1.400.000 Km y que emite energía en el orden de los 4 E23 W, interceptando la Tierra solamente unas dos millonésimas partes de esa cantidad (Gonzalo, 1986). Se encuentra a una distancia media de 149.450.000 Km y debido a la forma elíptica de la órbita terrestre la distancia mínima corresponde hacia el 15 de enero y la máxima a finales de junio (Bernard et al., 1982). Las distancias entre el máximo de alejamiento de la Tierra con respecto al Sol (apogeo) y en el mínimo (perigeo) discrepan 1/60 por defecto o por exceso del valor medio, lo que nos está indicando que la órbita es casi circular, dependiendo muy poco las variaciones estacionales de esta asimetría, como veremos más adelante.

Se estima que el Sol ha gastado hasta el momento un 14% de su energía total, por lo que se puede suponer que podrá alimentarse de radiaciones todavía durante 3.13 E10 años (García-Badell, 1983). El radio del Sol es de aproximadamente unas 100 veces el de la Tierra, su volumen de 1.000.000 de veces y su masa de 334.000 veces. Al tratarse de una masa gaseosa tiene un período de rotación de 25 días en el ecuador y de 31 días en los polos.

Fundamentos físicos

La radiación solar es una forma de transmisión del calor que puede propagarse a través del vacío. Aquí no interviene el movimiento de electrones, vibraciones moleculares y cambios de lugar de la misma materia, y los portadores de energía radiante son ondas electromagnéticas de diversas longitudes (distancia entre crestas). Estas ondas se propagan a través del espacio a la velocidad de la luz.

Todos los cuerpos emiten y reciben radiación y la energía emitida por un cuerpo es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. Al aumentar la temperatura de un cuerpo la máxima emisión se desplaza hacia las longitudes de ondas menores (ley de desplazamiento de Wein). A temperaturas muy elevadas se emiten radiaciones en diversas longitudes de onda, aproximándose a las de menor longitud y cayendo dentro del campo visible del espectro, que es el caso de las lámparas incandescentes.

El sol, con una temperatura superficial de aproximadamente 6000 ºK, irradia la mayor cantidad de energía en la longitud de onda de 500 nm y las ondas de calor radiante, al igual que las luminosas, pueden reflejarse, refractarse y enfocarse.

Efectos de la atmósfera sobre la radiación

La atmósfera es una mezcla de gases y partículas en suspensión que pueden moverse libremente impidiendo su escape hacia el espacio la gravedad terrestre. Su espesor es de aproximadamente 500 Km, produciéndose los fenómenos atmosféricos en la primera capa en contacto con la superficie terrestre, denominada troposfera y que tiene unos 12 Km de espesor.

Las capas superiores de la atmósfera tienen especial importancia en la absorción de radiaciones ultravioletas letales, por la presencia del ozono atmosférico (O3), con predominancia a unos 30 Km de altura. Las radiaciones solares que inciden sobre ella experimentan tres procesos fundamentales:

Absorción atmosférica: absorción es el fenómeno que se produce cuando una radiación penetra en un cuerpo y la totalidad o parte de ella se transforma en calor, aumentando la temperatura del cuerpo.

De las longitudes de onda que componen el espectro solar, la atmósfera absorbe casi la totalidad del ultravioleta por medio del oxígeno molecular y el ozono.

La atmósfera es casi transparente para longitudes de onda entre 300 y 1000 nm (3.000 y 10.000 Aº), que forman la mayor parte de la radiación solar. En las longitudes de onda mayores hay una moderada absorción, dependiendo de la cantidad de vapor de agua y anhídrido carbónico que encuentran a su paso.

Reflexión atmosférica: la reflexión se produce cuando una radiación incide sobre un cuerpo y experimenta un cambio de dirección, sin modificar sus características.

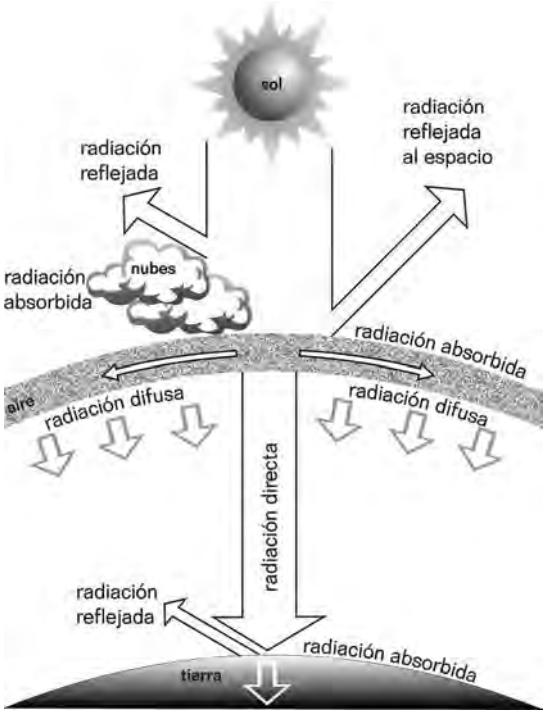


Fig. 11.01 Efectos de la atmósfera sobre la radiación.

Los gases, partículas, polvo, etc.; provocan una reflexión de parte de la radiación incidente, lo cual junto con la dispersión nos va a dar la radiación solar difusa, muy importante para los cálculos energéticos y de iluminación.

Las nubes, si bien son malos absorbentes, son excelentes reflectores de la radiación solar, enviando aproximadamente la mitad de la energía incidente de vuelta al espacio y la otra mitad hacia la tierra, dependiendo esta relación del espesor de las nubes y de la cantidad de cielo cubierto. La reflexión y dispersión atmosférica provocan el pasaje paulatino del día a la noche y viceversa, puesto que si no existieran, dicha transición se haría bruscamente.

Dispersión atmosférica: la dispersión atmosférica es un fenómeno similar al anterior (reflexión), sólo que en este caso la radiación es modificada al cambiar de dirección. La dispersión atmosférica es provocada por las moléculas de gas, polvo, gotitas de agua, etc.; que actúan sobre la radiación visible selectivamente, dispersando con mayor facilidad los rayos luminosos de menor longitud de onda (violeta y azul) que los mayores (amarillo, anaranjado y rojo). Según la teoría de la dispersión de Rayleigh la luz azul se dispersa 10 veces más fácilmente que la roja.

Esto lo podemos observar en un amanecer o puesta del sol con cielo despejado, donde el camino a recorrer por la luz es grande. El sol y la parte de cielo cercana a él aparecen rojas debido a que la parte azul del espectro, de corta longitud de onda, ha sido dispersado. Mientras tanto el cielo es azul al estar iluminado por la energía dispersada.

Por otra parte, cuando la atmósfera está cargada de partículas de polvo o agua (niebla) no se cumple la dispersión selectiva, sino que son dispersadas tanto las ondas cortas como largas. Entonces el cielo aparece de un color blanco lechoso. Por esto la intensidad de color azul de un cielo nos va a indicar el estado de pureza de la atmósfera.

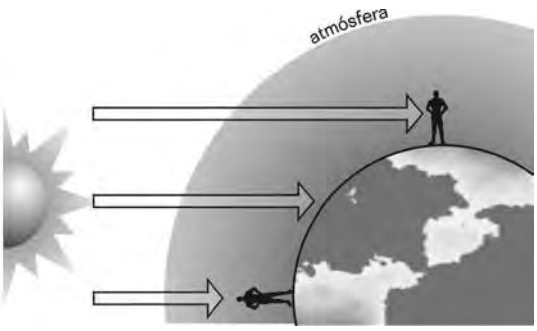


Fig. 11.02 Influencia del espesor atmosférico.

Geometría solar

Con la denominación de geometría solar indicamos la consideración del movimiento aparente del sol y sus representaciones gráficas, cuya aplicación en la etapa de anteproyecto de estrategias solares nos posibilitará aprovechar el sol en los momentos en que sea necesario para el confort interno del edificio y excluir su influencia o atenuarla cuando suponga una molestia.

Se deberá considerar, además, en cada caso, el compromiso que representan los otros factores participantes en el diseño: clima del lugar, función de la estrategia adoptada y del edificio, condicionantes estructurales, costos relativos, resultado formal, etc.

Para comprender el trazado y la utilización de los métodos gráficos de diseño de controles solares es imprescindible conocer los distintos movimientos de la tierra con relación al sol, que denominamos movimiento real. Este movimiento por simplicidad se transforma al suponer la tierra fija y el sol desplazándose alrededor de ella, lo que describimos como movimiento aparente del sol. Así podemos decir que el sol sale hacia el este y luego de girar alrededor de la Tierra se oculta hacia el oeste, cuando en realidad la que giró fue la Tierra.

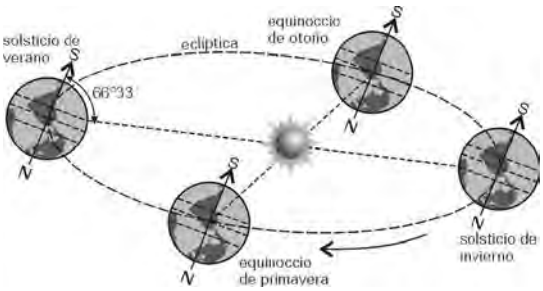


Fig. 11.03 Movimiento real tierra-sol.

Movimiento real

Si un observador ve al sistema solar desde un punto exterior al mismo, verá que todos los planetas giran alrededor del sol, en órbitas elípticas de poca excentricidad, muy parecidas a circunferencias. Además de este movimiento denominado de traslación y que se realiza en un año (365 días y 6 horas), la tierra gira sobre su eje con un movimiento de rotación que determina los días del año (Gonzalo, Negrete, 1980). En su recorrido anual el eje de la Tierra (línea polo sur - polo norte) se conserva en una dirección paralela a sí mismo y forma un ángulo llamado declinación de 66º 33' con el plano de la elipse órbita, que se denomina eclíptica (o

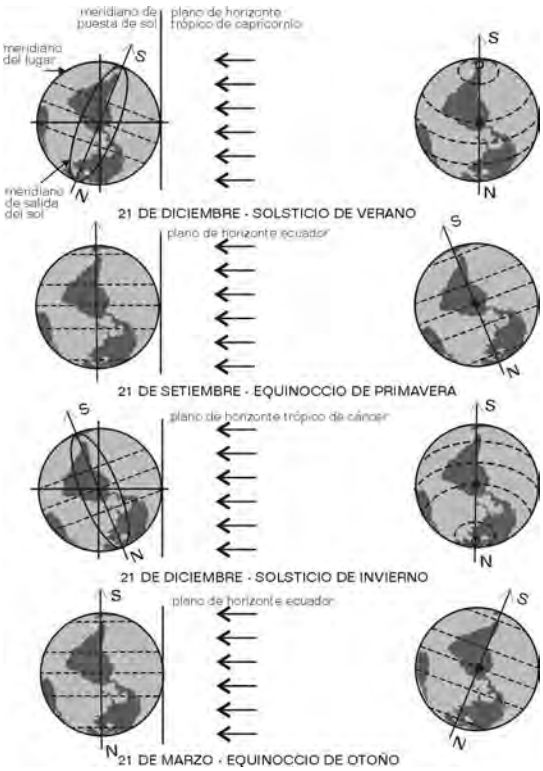


Fig. 11.04: Ubicación de la tierra con respecto al sol, para las cuatro estaciones.

bien el complementario, de 23º27´, al tomar el polo Norte hacia arriba) La sucesión de las estaciones y cambios climáticos tienen lugar por las características indicadas, ya que varían los ángulos de incidencia de los rayos solares y la capa atmosférica atravesada.

Movimiento aparente del sol

Para poder comprender los efectos del sol sobre los edificios es conveniente suponer que la tierra está inmóvil y que el sol se mueve alrededor de la misma. Si observamos la figura 11.5. podemos ver que:

1. El sol sale hacia el este, va tomando altura hasta alcanzar un máximo en su paso por el meridiano del lugar, comienza a disminuir su altura y se pone hacia el oeste.

2. La trayectoria aparente del sol es un arco de círculo.

3. El arco trazado por el sol sobre la esfera gira aparentemente alrededor de un punto del cielo que llamamos polo.

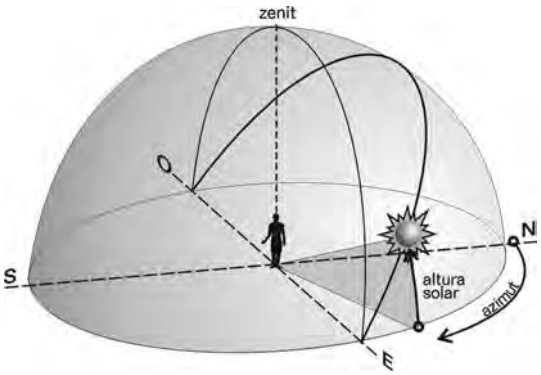


Fig. 11.05 Representación del movimiento solar.

Observando desde un punto de vista relativo, toda la esfera celeste parece girar alrededor de un eje y esto se debe a la rotación real de la Tierra alrededor de su eje.

Coordenadas angulares

Para conocer la ubicación de un punto sobre la tierra y la posición del sol, utilizamos un sistema de coordenadas angulares terrestres y celestes, cuyas componentes más características son:

Coordenadas terrestres

Latitud: estará determinada por los planos normales al eje norte-sur, llamados paralelos y varían con respecto al ecuador (0º) a +90º hacia el polo norte y -90º al polo sur.

Longitud: está determinada por los planos perpendiculares al ecuador y que pasan por los polos norte y sur, en donde convergen. Se toma como referencia de 0º al meridiano de Greenwich y de allí se consideran 180º hacia el oeste y 180º hacia el este.

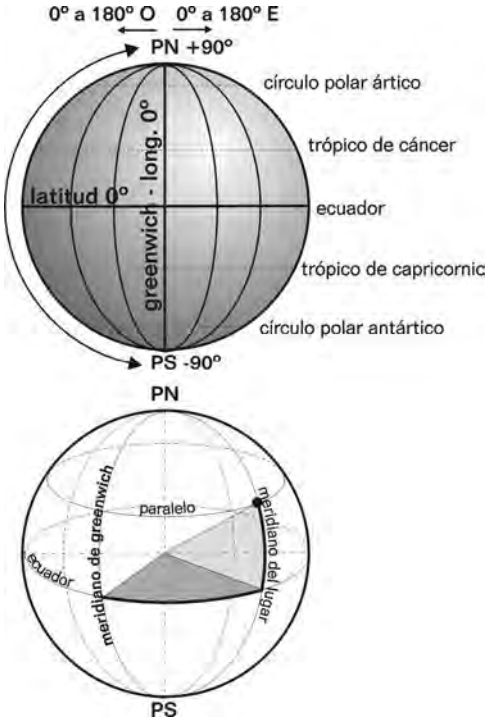


Fig. 11.06 Coordenadas terrestres.

Entonces, para determinar la posición de cualquier punto sobre la tierra, debemos indicar la latitud del lugar (paralelo en donde está ubicado el observador) y la longitud del lugar (meridiano referido al de Greenwich).

Coordenadas celestes

Altura solar: es el ángulo formado por la visual del observador al sol y su proyección sobre el plano del horizonte. Se mide de 0º a 90º, con valores positivos por encima del horizonte.

Acimut: es la distancia angular medida sobre el plano del horizonte y a partir del plano del meridiano del lugar. Se puede medir:

a.- variando de 0º en el norte a +180º en el sur, pasando por el este y a -180º pasando por el oeste.

b.- de 0º a 360º en sentido directo (de las agujas del reloj), de sur a norte pasando por el oeste.

Entonces para definir la posición del sol con respecto a un observador ubicado en una determinada latitud y longitud de la tierra, usaremos este par de valores que irán cambiando conforme a las distintas horas del día y los días del año. (ver figura 11.7).

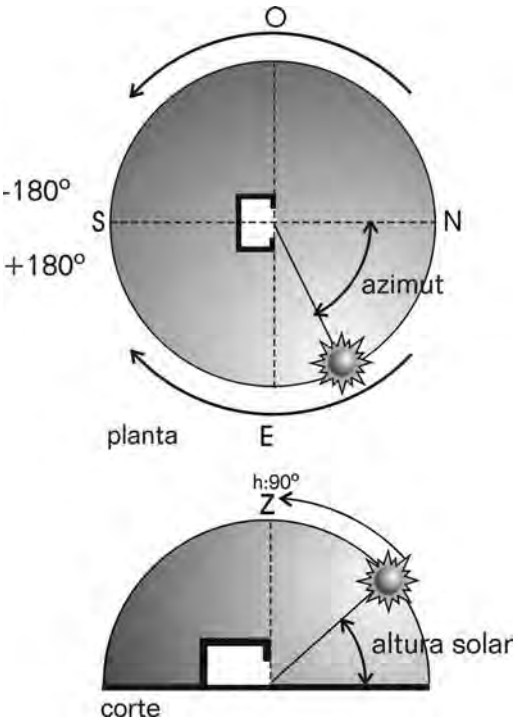


Fig. 11.07 Ubicación del sol con respecto a un edificio.

Si tomamos como base las trayectorias indicadas en las figuras 11.8 y 11.9 podemos visualizar la incidencia solar para los solsticios y equinoccios, para una latitud similar a la de San Miguel de Tucumán y otra a la de Viedma.

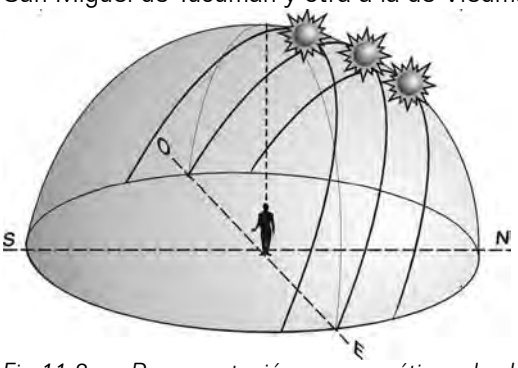


Fig.11.8: Representación esquemática de las trayectorias solares para Tucumán (aprox. 27º LS)

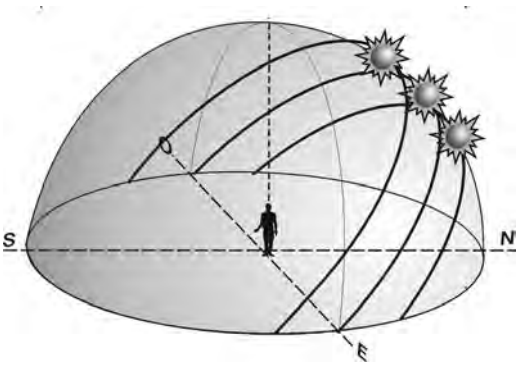


Fig. 11.9 Representación esquemática de las trayectorias solares para Viedma (aprox. 41º LS)

Auxiliares gráficos

Cartas solares:

Se pueden determinar gráficamente los valores de acimut y altura solar para distintas horas del día y días del año y para cualquier latitud, mediante la carta de Fisher, que es la primera y más importante ya que en ella se apoyan los restantes métodos. Esta carta se basa en la proyección diédrica del sol sobre el meridiano del lugar y otro perpendicular a él.

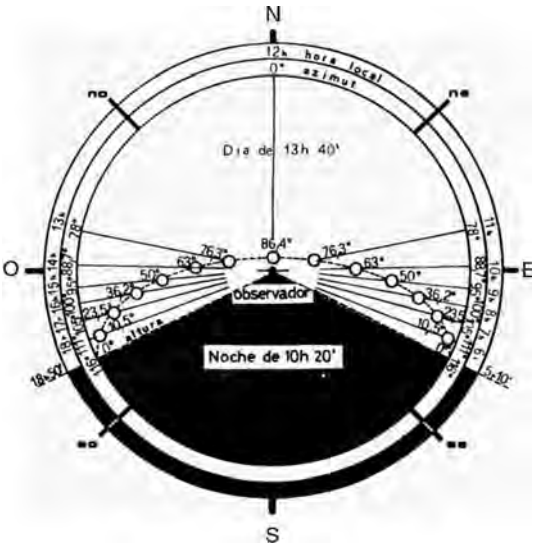


Fig. 11.10 Carta solar de Fisher para S.M. de Tucumán, en el solsticio de verano.

La carta de la figura 11.10 representa el plano del horizonte con la ubicación del observador, visto en planta, en donde el acimut queda definido por las líneas que van desde la circunferencia interior hacia el observador, indicándonos las horas correspondientes.

La altura solar no se grafica y su valor en grados se ubica para el acimut correspondiente donde comienza el trazado del mismo.

Si bien esta carta es la más precisa de los métodos gráficos, solamente nos da los valores de posición del sol (altura y acimut) para el día y la hora estudiada.

De mayor utilidad para el trazado de sombras y de incidencia solar es el denominado reloj solar horizontal, que está constituido por un plano horizontal y un elemento vertical ubicado en la posición del observador.

Sobre el plano horizontal del reloj se grafican las terminaciones de las sombras que arroja el elemento vertical en los distintos meses del año y horas del día para una latitud determinada (Borgato-Tedeschi, 1955). Los estudios solares con este reloj se pueden

realizar en forma gráfica o con el apoyo de un simulador solar, que permite visualizar en modelos la incidencia solar para cualquier hora y día del año. El reloj solar horizontal para diferentes localidades se puede obtener del Apéndice 9 de este capítulo o calcular con el software CEEMARESOL.XLS que se adjunta en disco a este libro.

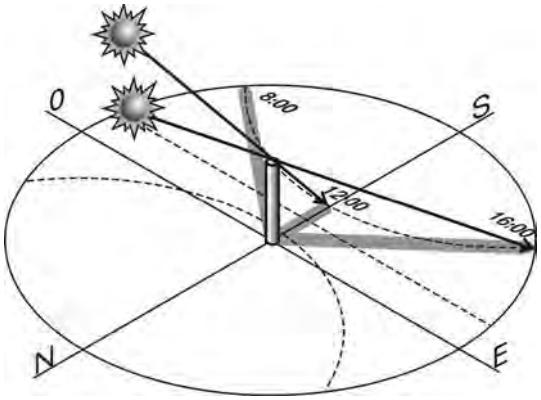


Fig. 11.11 Construcción del reloj solar horizontal.

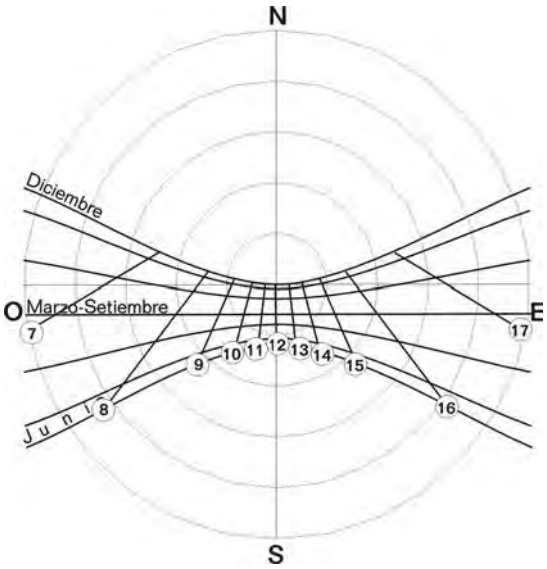


Fig. 11.12 Reloj solar horizontal para S.M. de Tucumán (26º 48´ LS)

Este método es particularmente apropiado para el estudio de sombras entre edificios en núcleos urbanos complejos o edificios de formas variadas, donde la evaluación se complica por la cantidad de formas y volúmenes que intervienen y que hace el estudio por gráficos puntuales muy extenso, no permitiendo una visualización global de las sombras e incidencia solar.

Utilizando una maqueta en escala reducida y el método del reloj solar horizontal podemos ir corrigiendo la distribución y conformación de los edificios, según sea el resultado que se quiera lograr.

Para el estudio sobre maquetas se requiere contar con los siguientes elementos:

1. Maqueta volumétrica en escala conveniente a la situación a estudiar.

2. Fuente luminosa (sol directo, simulador solar, lámpara de rayos cuasi-paralelos, lámpara común).

3. Diagrama del reloj solar horizontal para la latitud del lugar.

La elección de la fuente luminosa dependerá por una parte de la precisión requerida, variando de una situación óptima de utilización del sol directo, en donde tendremos condiciones de paralaje ideales y equipamiento nulo, pasando por el simulador solar donde obtendremos rayos paralelos, pero que demanda una infraestructura especial, hasta la simple lámpara de dibujo capaz de iluminar desde diversos ángulos el modelo en estudio y que a pesar de introducir defectos de conicidad, nos da una aproximación suficiente en algunos casos.

En la foto se puede observar estudios de sombras para un edificio realizados por alumnos en donde la maqueta volumétrica se ubica con su orientación coincidente con la del reloj solar horizontal, todo sobre un plano que pueda ser ubicado en cualquier posición.

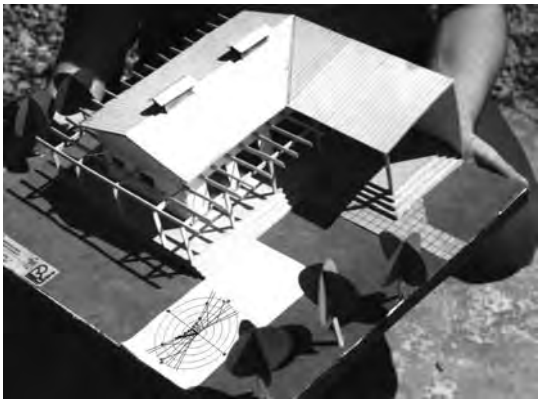


Fig. 11.13 Estudio con reloj solar horizontal.

Se determinan los días y horas de análisis y se hace coincidir este punto con el extremo de la sombra arrojada por el elemento vertical del reloj solar, cuya altura es igual al diámetro de la circunferencia interior del diagrama, quedando determinadas entonces para ese día y hora las zonas soleadas y en sombra del edificio en estudio.

Las aberturas

La envolvente de un edificio es el límite entre un medio climático exterior variable y un medio interior en el que se desea crear o conservar una situación de confort para sus ocupantes. Podemos decir que la envolvente se compone de tres tipos de materiales: opacos, translúcidos y transparentes, los cuales deben ser diseñados en conjunto de modo que regulen las variaciones climáticas externas y atemperen su influencia en el microclima interno del edificio, dentro del marco de un diseño bioclimático integral del mismo.

Desde el punto de vista bioclimático los aventanamientos son uno de los elementos más importantes, si no el más importante, con que cuenta el diseñador para el control de las condiciones climáticas en el interior del edificio.

Correctamente diseñada y ejecutada, la ventana es un excelente medio de aprovechamiento de la energía solar, actuando como un colector de ganancia directa, que es la forma más sencilla y económica de utilizar la radiación solar para calefacción, y en algunos climas puede llegar a ser suficiente para suplir toda la energía necesaria para calefacción en invierno.

Por otra parte, en el período estival, un correcto diseño de aberturas facilitará una adecuada ventilación interna para reducir el estrés térmico de los ocupantes, mejorar la calidad del aire y enfriar la estructura del edificio.

Además de estas funciones bioclimáticas, el diseño de las aberturas puede estar condicionado por otros múltiples requerimientos, tales como:

- Permitir visuales al exterior y generar una expansión del espacio interno.

- Proteger el interior de los ruidos molestos.

- Asegurar la privacidad de los ocupantes.

- Brindar una iluminación natural apropiada para las tareas que se desarrollen en los distintos ambientes y prevenir el deslumbramiento en días de mucha luminosidad.

- Brindar adecuadas garantías de seguridad.

- Impedir la entrada de la lluvia, polvo, humo, olores desagradables e insectos.

- Responder a premisas estéticas de diseño.

- Tener costos compatibles con la obra en general.

- Ventilación natural eficiente.

- Ganancia directa de calefacción solar para invierno, disminuyendo los costos energéticos.

Algunos de estos objetivos se contraponen, por lo que previo al diseño de las aberturas debe ponderarse su importancia relativa y evaluar las consecuencias de privilegiar ciertas premisas sobre otras, principalmente en lo concerniente a las formas de vida que se generen en el interior de los edificios.

Así podemos tener factores positivos para la utilización de aberturas en un edificio, debemos considerar también las desventajas de usar grandes aberturas tales como:

- Necesidad de protección casi total del sol en períodos cálidos.

- Alta transmitancia térmica (vidrio simple).

- Problemas con el deslumbramiento.

- Falta de privacidad.

- Mayores protecciones para seguridad, lluvia, insectos, vientos, etc.

- El costo de inversión y mantenimiento del edificio se incrementa por las superficies de carpintería.

- En determinadas funciones puede originar distracciones y accidentes.

Vemos entonces que la elección de la forma, tamaño, disposición y controles de las aberturas de un edificio deberá ser el producto de una síntesis de diseño, luego del análisis de todos los factores actuantes, destacando como uno de los más importantes el de la influencia solar, sobre todo al considerar el balance energético que tiende a optimizar costos y disminuir consumos (Gonzalo et al., 1983).

Si analizamos el comportamiento térmico de las aberturas en verano, la ganancia de calor a través de una ventana asoleada es muchas veces superior a la de cualquier otra superficie de la envolvente y su efecto en las condiciones ambientales interiores es sentido en forma casi instantánea.

Esto puede modificarse sensiblemente con la utilización de sistemas de sombreado o protección solar, ya que si bien la transmitancia de una ventana es muy alta (para ventanas normales, entre 3 y 5 veces mayor que la de los otros cerramientos verticales) y su retardo prácticamente nulo, el factor que más influye en el balance térmico es la penetración de la radiación solar, la cual debería ser evitada en los momentos en que se requiera, conforme a las características del clima.

Dimensionado de protecciones

Cualquiera de los métodos gráficos que analizan el movimiento aparente del sol pueden ser utilizados a los fines de diseñar las protecciones de las aberturas que proyectemos en los edificios, pero elegiremos el que se denomina proyección cilíndrica desarrollada, puesto que es el diagrama o carta en donde se puede visualizar en forma integral el comportamiento de las protecciones para las trayectorias solares de todo el año.

La proyección cilíndrica desarrollada es una forma de representar la superficie esférica de la bóveda celeste, es decir, del hemisferio visible del cielo sobre el horizonte, sobre una superficie plana.

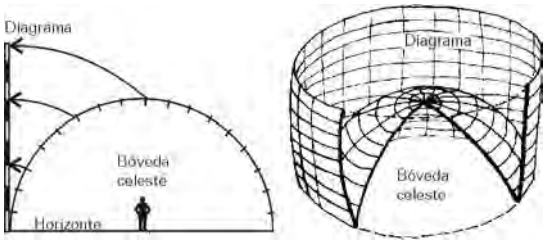


Fig. 11.14 Proyección cilíndrica desarrollada.

Este sistema consiste, como su nombre lo indica, en proyectar el hemisferio celeste sobre un cilindro vertical, el cual es luego desarrollado. De esta manera la línea horizontal de base representa la línea del horizonte y en sentido vertical se representan los distintos ángulos de altura hasta el cenit (90º), mientras que en sentido horizontal se indica la medida angular del acimut, tomándose el norte como eje del diagrama, para nuestro hemisferio, y desarrollándose a 180º a izquierda y derecha.

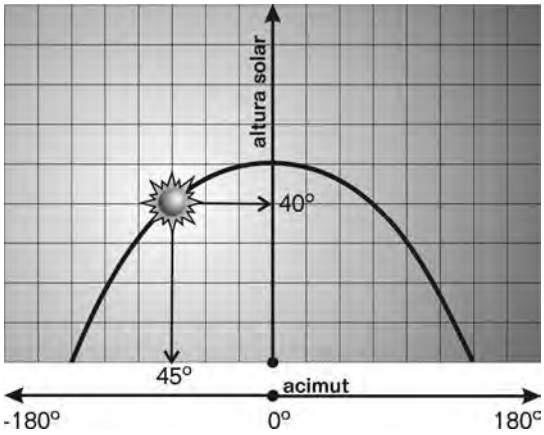


Fig. 11.15 Trayectoria solar en proyección cilíndrica desarrollada.

Sobre este diagrama se puede ubicar la posición del sol en cualquier día y hora, conociendo luego su altura y acimut.
Conectando los puntos de localización del sol en diferentes horas del día se puede graficar el recorrido del sol para días característicos del año.

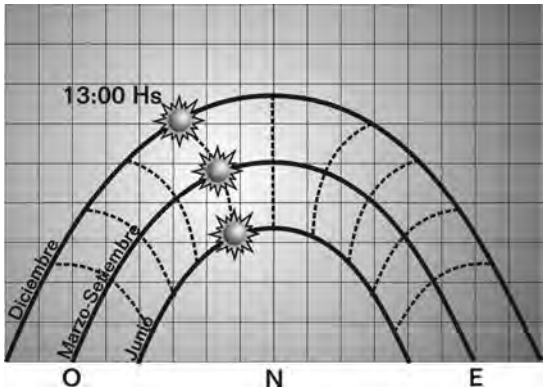


Fig. 11.16 Horas del día en el diagrama de trayectoria solar.

Para determinar la influencia de una protección en la obstrucción de la incidencia solar, se utiliza en conjunto con el diagrama de trayectorias solares, el diagrama de visión de bóveda celeste que tendría un observador situado en el plano de la ventana y que corresponde a la mitad del hemisferio celeste. La línea horizontal inferior representa la línea del horizonte y el punto central de ésta, el eje de visión del observador. El campo de visión se extiende 90º hacia arriba y 90º a izquierda y derecha de este eje.

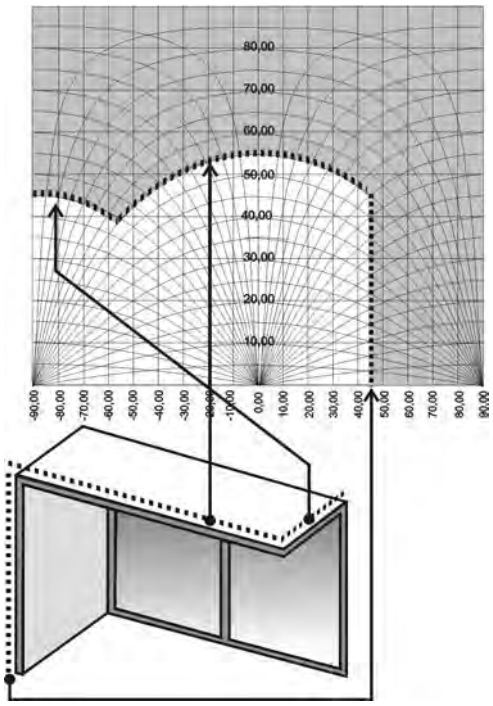


Fig. 11.17 Diagrama de visión de bóveda.

Las líneas curvas convergentes en los extremos representan la proyección de las aristas de protecciones horizontales paralelas a la ventana, las curvas convergentes en el centro indican las aristas perpendiculares a la ventana y las líneas verticales las aristas paralelas a la ventana en protecciones verticales.

Perfil de protección solar de los parasoles

Aleros horizontales: Para este caso se obtiene en el corte el ángulo formado entre el eje de visión del observador y la arista externa de la protección (β).

La posición del observador se sitúa en el borde inferior de la ventana obteniéndose el ángulo β, el cual es trasladado a la línea central del diagrama de visión de bóveda y se obtiene la curva que determina la zona de obstrucción. En realidad esta curva, considerada en toda su extensión, está representando una protección horizontal de longitud infinita.

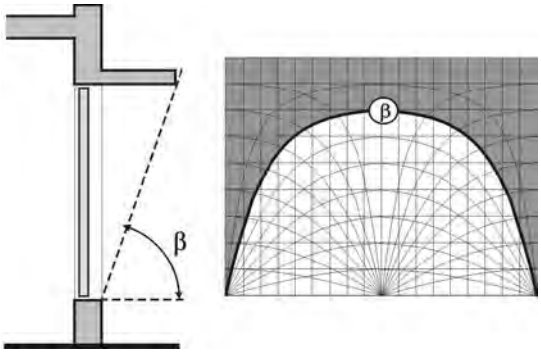


Fig. 11.18 Determinación del ángulo β.

Ya que normalmente no se da esta situación en los casos reales, se debe determinar en planta los ángulos correspondientes entre el eje de visión de bóveda del observador situado al centro de la ventana y el vértice extremo de los bordes de la protección, a izquierda (γi) y derecha (γd).

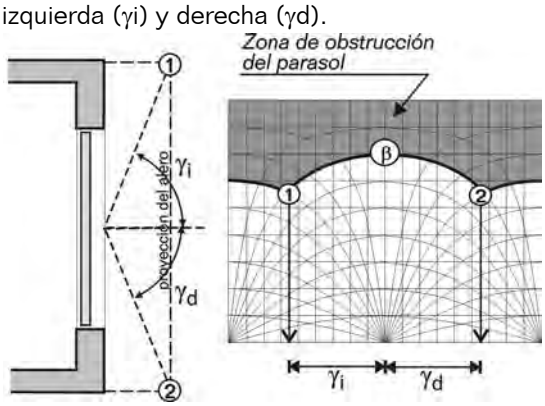


Fig. 11.19 Determinación del ángulo γd y γi.

Estos ángulos se trasladan a la línea de base de visión de bóveda, a derecha e izquierda del eje de visión, se sube luego por las líneas verticales y donde se cortan con la curva correspondiente al ángulo b, los puntos 1 y 2 indican el límite de la zona de obstrucción de la arista paralela a la ventana. Luego se completa con las contra curvas correspondientes a las aristas perpendiculares hasta el borde del diagrama, obteniéndose así el perfil de obstrucción del parasol.

Para determinar el período obstruido por el parasol se superpone el diagrama de visión de bóveda al de trayectorias solares, haciendo coincidir el centro del primero con la orientación correspondiente a la ventana, en el segundo.

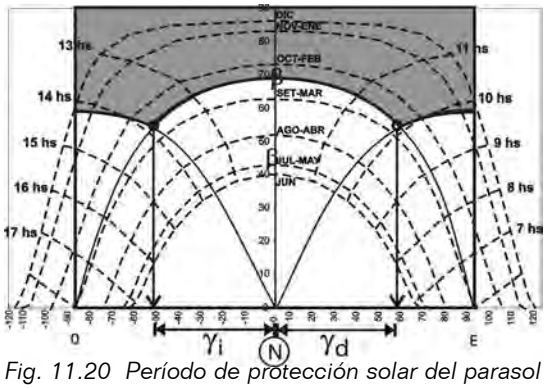


Fig. 11.20 Período de protección solar del parasol en la orientación Norte.

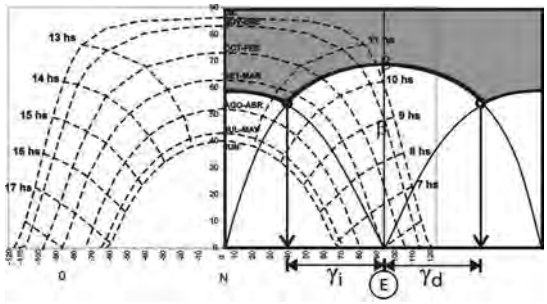


Fig. 11.21 Período de protección solar del parasol en la orientación Este.

Posición del observador en aleros horizontales: La posición del observador en el corte puede situarse en el borde inferior de la ventana y se obtendrán entonces las condiciones de sombreado para la ventana total, o bien al medio de la altura, en cuyo caso el parasol tendrá una profundidad menor por lo que se determina una situación de sombreado parcial (ver Fig. 11.22).

Al igual que para el ángulo β la posición del observador en la planta puede situarse en el punto medio de la ventana con lo que se obtendrá una situación de sombreado parcial

de la misma, o bien en los extremos, en cuyo caso se determina una situación de sombreado total (ver Fig. 11.23).

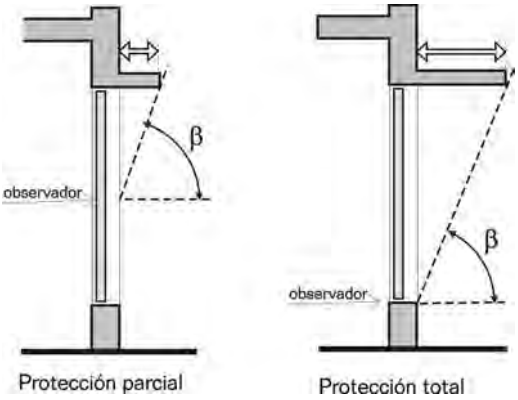


Fig. 11.22 Posición del observador en corte (β).

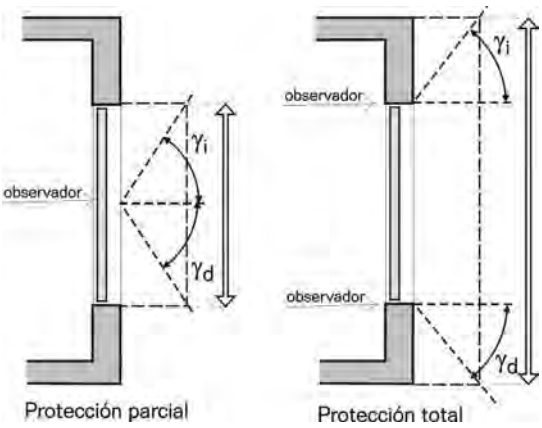


Fig. 11.23 Posición del observador en planta (γd y γi)

Pantallas verticales: Para el estudio de las protecciones verticales, se obtiene en planta los ángulos formados entre los bordes de las protecciones y el eje de visión del observador, situado en los extremos hacia dentro.

A estos ángulos los denominaremos γi y γd, según estén a la izquierda o derecha del eje de visión. Luego se trasladan estos ángulos a la línea de base del diagrama de visión de bóveda y las líneas verticales determinadas por ellos marcan los límites de obstrucción de las pantallas (ver Fig. 11.24).

Al no ser la pantalla de altura infinita, se obtiene el límite superior de la obstrucción, determinando en corte, el ángulo β correspondiente entre el eje de visión del observador situado en la base de la ventana y el vértice superior del borde externo de la pantalla.

Este ángulo se traslada a la escala del centro del diagrama y se sigue la curva hasta cortar con la vertical que corresponde a los bordes de la pantalla, continuándose de allí la contra curva que representa la arista perpendicular a la ventana (ver Fig. 11.26)

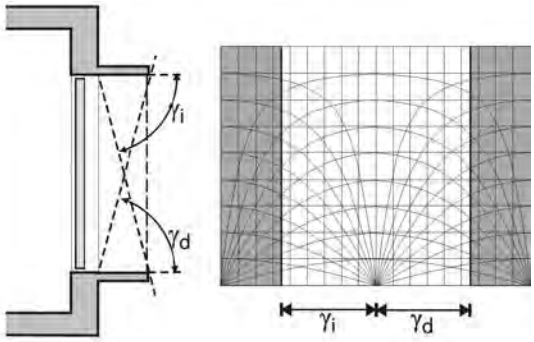


Fig. 11.24 Determinación del ángulo γd y γi.

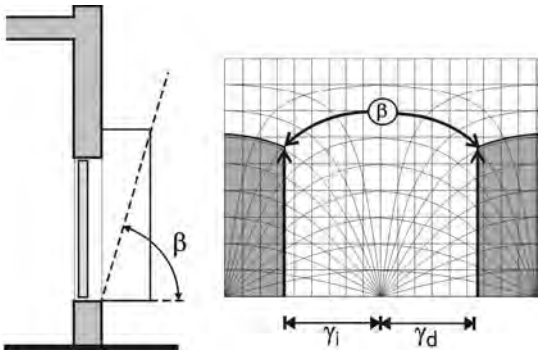


Fig. 11.25 Determinación del ángulo β.

Posición del observador en pantallas verticales: La posición del observador en planta (ángulos γd y γi) puede situarse en el punto medio de la ventana con lo cual es menor la profundidad de la pantalla y por lo tanto se obtiene una situación de sombreado parcial, o bien en los extremos hacia dentro, en cuyo caso se determina una situación de sombreado total (ver Fig. 11.26).

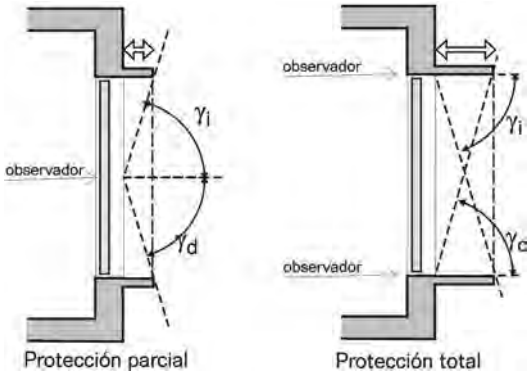


Fig. 11.26 Posición del observador en planta (γd y γi)

Para determinar la altura de la pantalla vertical en corte (ángulo β) el observador puede situarse en el borde inferior de la ventana, con lo que se obtendrá una situación de sombreado parcial, o bien en el borde

superior de la ventana, en cuyo caso la pantalla tendrá una mayor altura determinándose una situación de sombreado total (ver Fig. 11.27)

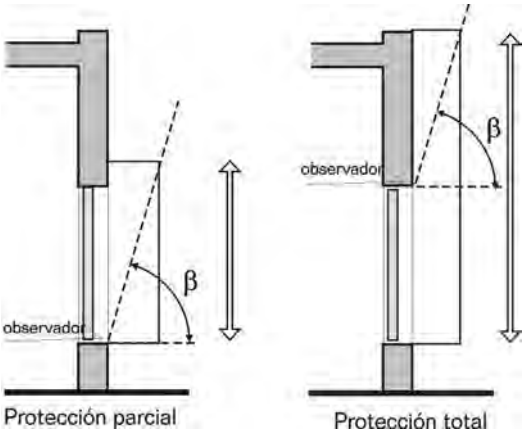


Fig. 11.27 Posición del observador en corte (β).

Protecciones mixtas: En caso de protecciones combinadas (horizontales y verticales), se determinan las incidencias de cada parte, superponiéndose luego y obteniendo así el efecto total.

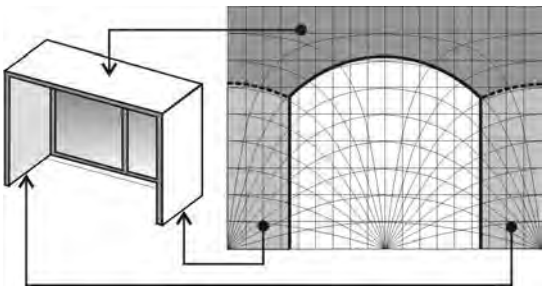


Fig. 11.28 Protecciones mixtas.

Tratándose de elementos de protección múltiples, por ejemplo los casetonados, debe analizarse cada sector en forma independiente, considerándolo en sí mismo como una ventana.

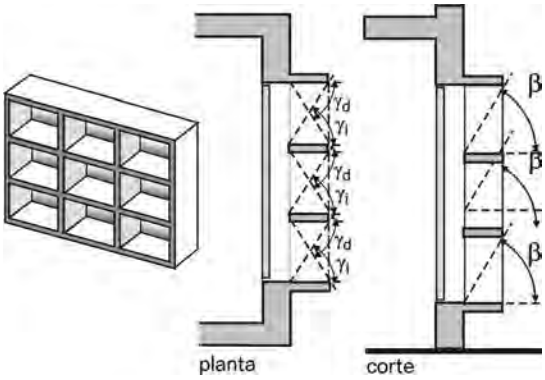


Fig. 11.29 Parasol múltiple.

Determinación de parasoles a partir del período de exclusión solar (Ledesma, Nota, 2001)

El proceso de cálculo desarrollado anteriormente permite determinar la obstrucción producida por un parasol ya diseñado. Se puede seguir un camino inverso y, a partir del período del año y horario en que se desea excluir la radiación solar, dimensionar el parasol adecuado a dichos requerimientos. Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Adoptar el diagrama de trayectoria solar en proyección cilíndrica desarrollada de la localidad de análisis. Estos diagramas se encuentran en el Apéndice 9 de este capítulo, o se pueden obtener con el programa CEEMARESOL.XLS. (Gonzalo, 1995).

2. Establecer el período que se desea obstruir el ingreso de la radiación solar por la ventana. Este período dependerá de distintos factores como por ejemplo el tipo de clima y la función del local.

Las condiciones climáticas predominantes de la localidad de análisis van determinar si se deberá aprovechar al máximo el soleamiento para calefaccionar en forma natural los ambientes, caso de clima frío, o será conveniente proteger los ambientes del ingreso del ingreso de radiación solar directa para evitar el disconfort por calor, aprovechando la misma solamente en el período invernal, como es la situación en los climas templados y cálidos. Las horas en las cuales es conveniente excluir el sol se pueden determinar con el programa CEEMACACOFR.XLS. (Gonzalo, 2001)

La función del local también va a determinar cual será el período y horario de obstrucción, por ejemplo, en una escuela u oficina será conveniente que la radiación no incida en el plano de trabajo para evitar problemas de

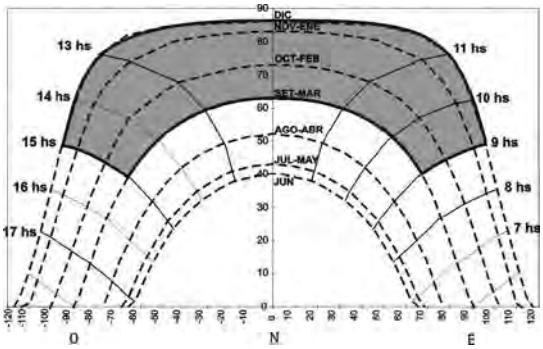


Fig. 11.30: Diagrama de trayectoria solar para San Miguel de Tucumán con el período de obstrucción solar.

deslumbramiento y por este motivo se debe obstruir la radiación durante las horas de uso del local o edificio.

En el ejemplo se ha obstruido el período estival, es decir los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo en el horario de 9:00 a 15:00 h. (ver Fig. 11.30)

3. Se debe superponer al diagrama de trayectoria solar el de visión de bóveda celeste, colocando en correspondencia el centro del segundo diagrama con la orientación en que se desee analizar y determinar a partir de ello, la zona de la bóveda celeste necesaria de obstruir para lograr el sombreado de la ventana en el período establecido.

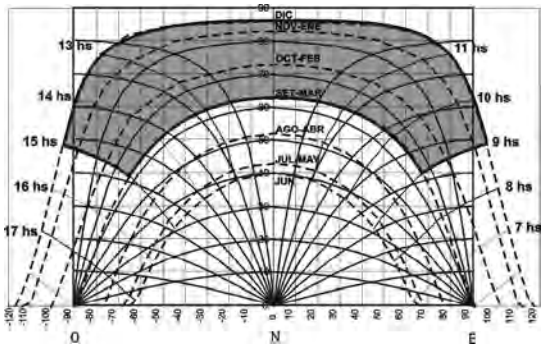


Fig. 11.31 Superposición del diagrama de trayectoria solar y de visión de bóveda para la orientación Norte.

4. A partir de la determinación de dicha zona, se obtienen los ángulos que definirán la protección solar necesaria para obtener la obstrucción establecida.

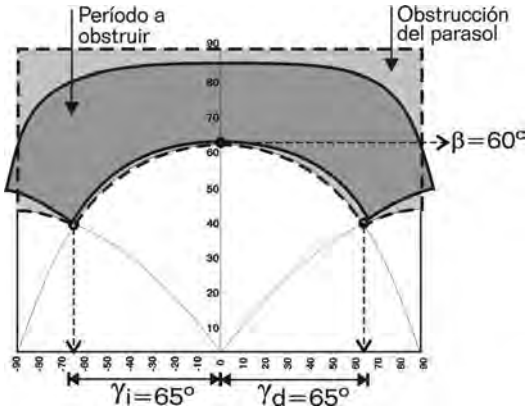


Fig. 11.32 Diagrama de visión de bóveda con los ángulos de obstrucción del parasol.

5. Se debe graficar la ventana en planta y corte y trazar en la misma los ángulos obtenidos en el paso anterior. En el ejemplo se ha ubicado el observador en los extremos de la ventana para una obstrucción total de la misma.

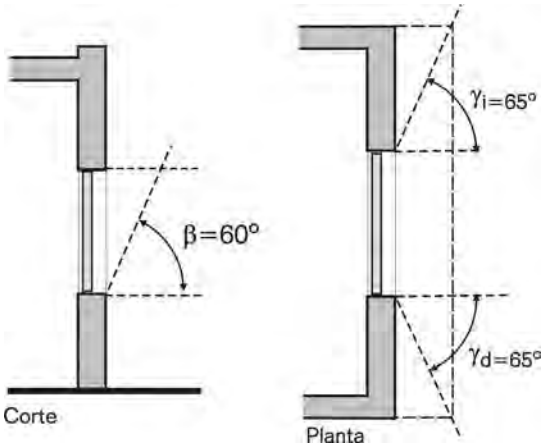


Fig. 11.33 Dimensiones de la obstrucción.

Una vez que se han determinado los ángulos necesarios para la obstrucción deseada, se procede a diseñar las protecciones solares, las que podrán elegirse dentro de una amplia gama de posibilidades, horizontales, verticales, combinadas, etc., lo fundamental es que el diseño sea tal que permita adaptarse a la situación analizada y al criterio estético, formal o constructivo que se tenga en consideración.

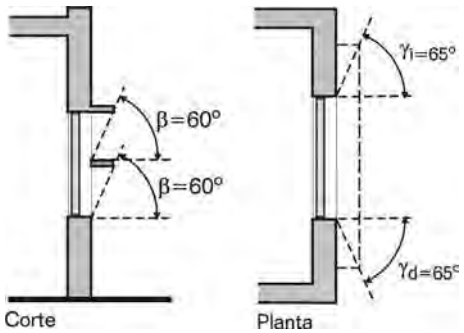


Fig. 11.34 Ejemplo de diseño de la protección solar.

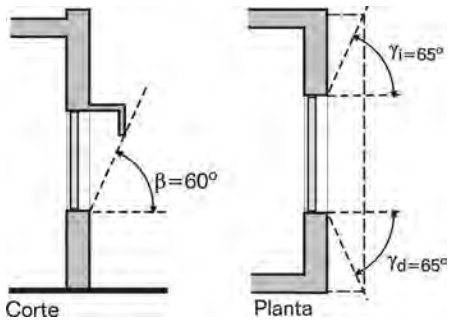


Fig. 11.35 Ejemplo de diseño de la protección solar.

Tipos de protecciones solares

Existen diversos tipos de protecciones solares para adaptar a las diferentes posiciones, formas o funciones a cumplir por una ventana. En general debemos distinguir, en primer término, las protecciones ajenas al edificio y las

integradas a él. Entre las primeras se encuentran todos aquellos elementos extraños a la edificación en sí, que impiden o disminuyen la incidencia solar sobre las aberturas, tales como: los volúmenes de edificación próximos, las irregularidades o accidentes del terreno, elementos verticales, vegetación, entre otros.

Los sistemas de control solar integrados al edificio, se pueden clasificar en: interiores, exteriores y en el vidrio.

Protecciones interiores

Entre ellas tenemos las persianas tipo venecianas, cortinas de enrollar, cortinados, visillos, etc. Se debe tener en cuenta que todos los elementos interiores transmiten una gran proporción de la energía que reciben por lo que es conveniente, principalmente en climas cálidos, utilizarlos en combinación con elementos exteriores de protección para evitar el efecto invernadero.

En las siguientes figuras se pueden observar paneles móviles y cortinas aislantes ubicadas en el interior, tanto para ventanas verticales como cenitales.

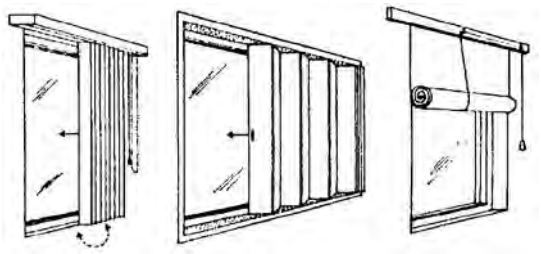


Fig. 11.36 Paneles plegadizos y cortinas interiores.

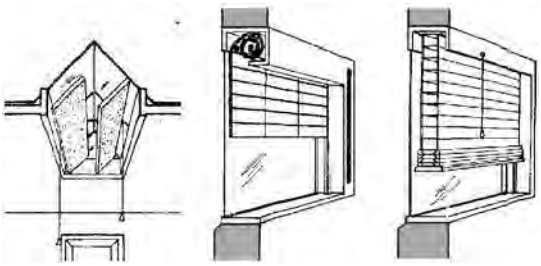


Fig. 11.37 Paneles para ventanas cenitales y cortinas de enrollar interiores simple y doble.

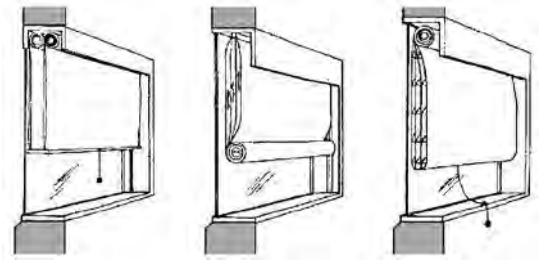


Fig. 11.38 Cortinas interiores aislantes con cámara de aire de doble y triple capa.

Protecciones exteriores

Las protecciones externas resultan altamente superiores respecto a las internas, puesto que bloquean la radiación solar antes de que esta atraviese la ventana. Las protecciones internas, en cambio, detienen la radiación solar, pero absorben calor que luego es disipado al interior del local por convección y radiación de onda larga. La eficiencia de este tipo de protecciones dependerá básicamente de su capacidad para reflejar la radiación.

Se debe tener cuidado con el uso de protecciones externas con superficies reflejantes y que a su vez reflejen hacia el interior parte de la radiación que reciben o que puedan ocasionar problemas de deslumbramiento.

En esta clasificación la variedad es más amplia e incluye:

1. Elementos móviles: persianas, celosías y toldos

2. Espacios de sombra adosados: pérgolas y galerías

3. Parasoles: horizontales, verticales y mixtos.

1. Elementos móviles: Las protecciones móviles son todas aquellas diseñadas para ajustarse a las condiciones climáticas y de posición solar a lo largo del día y para permitir o excluir la entrada de sol.

Esta regulación puede ser manual o mecánica, en el primer caso el ocupante del edificio deberá encargarse de ajustar periódicamente las protecciones a fin de permitir o excluir la radiación solar, y éste es el caso de los parasoles móviles, celosías, cortinas de enrollar, postigos, toldos, etc.

La regulación mecánica puede realizarse por medio de motores accionados en forma manual o automática, o bien tener una regulación dependiente de la misma situación solar.

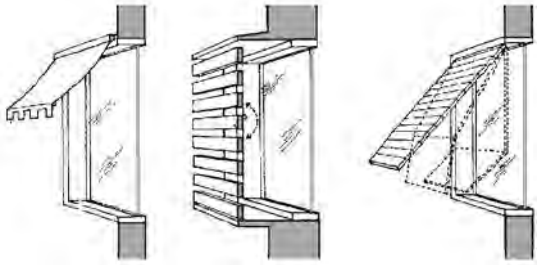


Fig. 11.39 Toldo y persianas móviles.

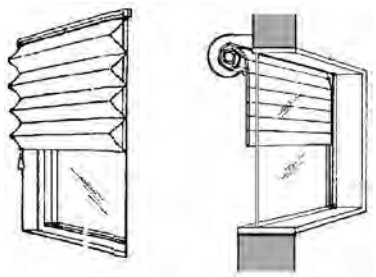


Fig. 11.40 Cortina plegadiza y cortina de enrollar.

El principal problema de los sistemas de protecciones móviles es que condicionan su eficiencia a que el ocupante del edificio esté efectivamente atento a su regulación y mantenimiento, además, que al tratarse de elementos móviles su costo es más alto al requerir mecanismos de accionamiento y procedimientos constructivos más complejos.

Las siguientes figuras muestran algunas protecciones exteriores con paneles aislantes, normalmente construidos con superficies exteriores resistentes a la intemperie y capa de material aislante de relleno.

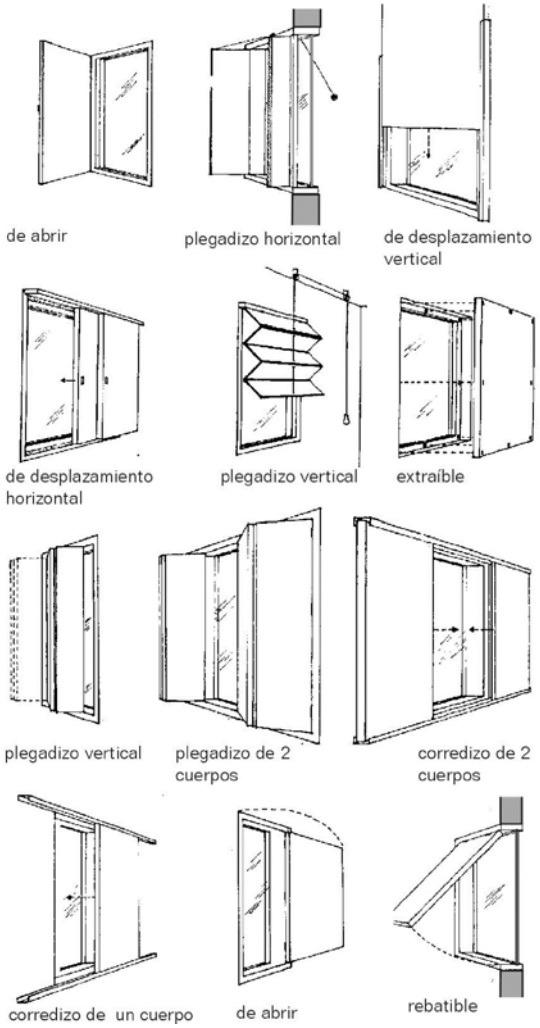


Fig. 11.41 Paneles aislantes exteriores móviles.

Espacios de sombra: son espacios adosados a la edificación con elementos de protección de la radiación solar directa. Pueden ser estructuras con vegetación incorporada (pérgolas), preferentemente de hojas caducas para permitir el soleamiento en invierno o bien utilizarse galerías que permitan generar un espacio sombreado intermedio entre el exterior y el interior. Asimismo, el uso de la vegetación delante de las aberturas genera espacios de sombra próximos al edificio, siendo convenientes las especies de hojas caducas.

Estos elementos, en función de sus dimensiones, posibilitarán no sólo la protección de las aberturas, sino también de los muros.

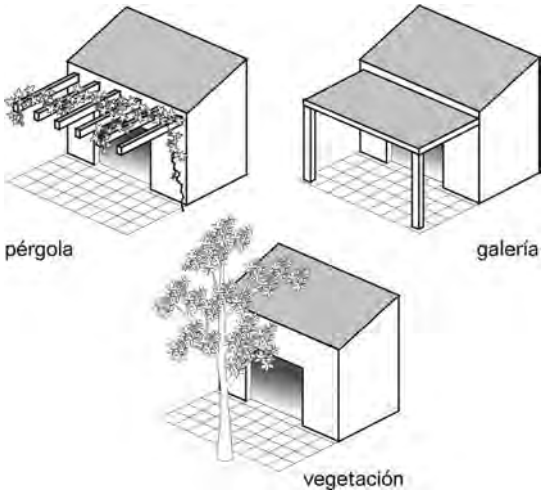


Fig. 11.42 Espacios de sombra adosados al edificio.

Parasoles: son dispositivos arquitectónicos diseñados para brindar protección a las aberturas o fachadas. Las protecciones pueden ser: verticales, horizontales o mixtas

Todas estas protecciones pueden ser además, fijas, móviles, de una sola pieza o de láminas múltiples, y tener posiciones e inclinaciones diversas. La elección de cada tipo de protección en particular va a depender en gran medida de la orientación de la ventana y de sus proporciones y deberá ser diseñada a tal fin con la metodología descripta anteriormente.

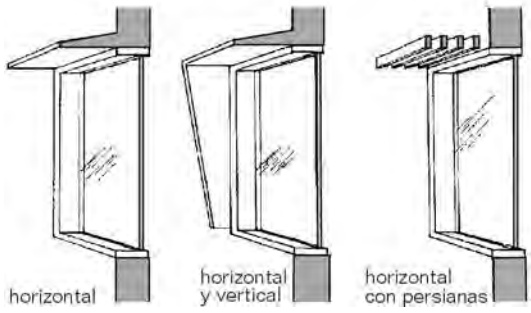


Fig. 11.43 Parasoles fijos.

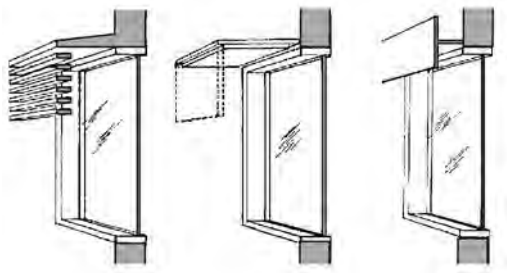


Fig. 11.44 Parasoles combinados (horiz. y vert.)

Fig. 11.45 Parasoles verticales y horizontales móviles.

Es conveniente que estos elementos tengan poca inercia térmica y una alta reflexión, para evita la transmisión por conducción hacia el interior del calor generado por la incidencia de la radiación solar directa sobre los mismos.

Cuando los parasoles son fijos, plantean el inconveniente de no contemplar en forma satisfactoria las situaciones climáticas intermedias o los días atípicos, pero su simplicidad e independencia funcional las hace preferibles en la mayoría de los casos.

Los parasoles móviles permiten la regulación conforme al ángulo de incidencia de los rayos solares, por lo que requieren de un ajuste constante por parte del usuario.

Protecciones en el vidrio

Este tipo de protección solar incluye los tratamientos especiales de fabricación y adosamiento de algún elemento sobre un vidrio de soporte con la finalidad de alterar las características fotométricas del mismo. Los más comunes son los vidrios absorbentes, los reflejantes, los de baja emisividad y los selectivos.

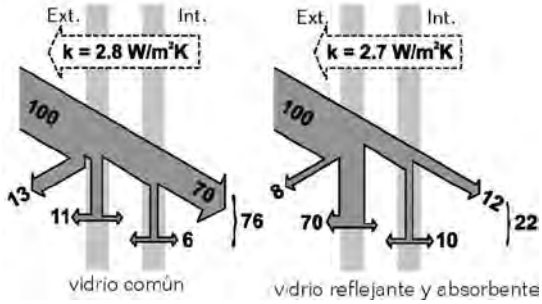


Fig. 11.46 Comportamiento energético de un vidrio doble común y un vidrio reflejante y absorbente. (Gratia, DeHerde, 1998)

Vidrios absorbentes: en estos vidrios se limita la ganancia de calor por medio de la variación del coeficiente de absorción que se obtiene a través de la coloración del vidrio. Presentan riesgo de rotura debido a la gran cantidad de energía que absorben por lo deben poseer una mayor resistencia.

Vidrios reflejantes: en estos vidrios se reduce la ganancia de calor aumentando su coeficiente de reflexión mediante el tratamiento su la superficie exterior o interior.

Vidrios de baja emisividad: son vidrios con tratamientos especiales de su superficie para bloquear la radiación de onda larga, reenviándola hacia el interior, evitando las pérdidas de calor por lo que es conveniente su utilización en climas fríos. Poseen además una menor transmitancia térmica.

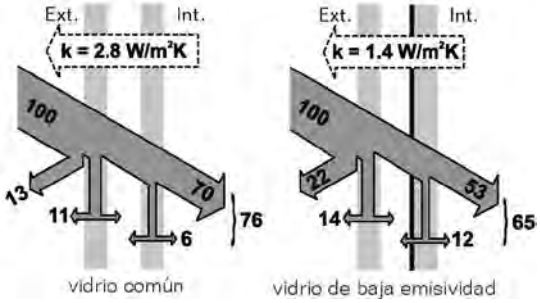


Fig. 11.47 Comportamiento energético de un vidrio doble común y un vidrio de baja emisividad. (Gratia, DeHerde, 1998)

Vidrios selectivos: son aquellos que dejan pasar un determinado espectro de radiación solar, bloqueando el resto. Reducen las ganancias de calor y permiten un elevado nivel de iluminación. En este tipo de vidrio se alteran sus propiedades a voluntad (electrocomandados) o en función de las condiciones exteriores (inteligentes).

También se pueden disponer protecciones entre vidriados dobles, generalmente distintos tipos de persianas venecianas operables desde el interior.

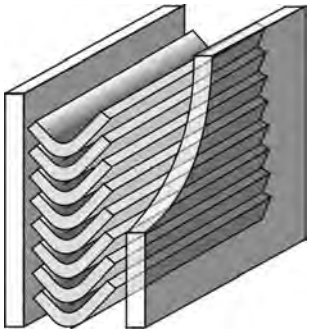


Fig. 11.48 Vidrio doble con persianas en su interior.

PAUTAS DE DISEÑO

Ubicación, forma y orientación

Es conveniente disponer el edificio con su eje mayor en orientación Este-Oeste, para lograr una máxima exposición al sol y penetración de la radiación solar en invierno, y poder excluir dicha energía mediante parasoles de simple construcción y diseño.

En climas cálidos, se recomienda plantear protecciones solares en las orientaciones Este y Oeste, tales como galerías, pérgolas, árboles, toldos, etc. (Gonzalo et al., 2000)

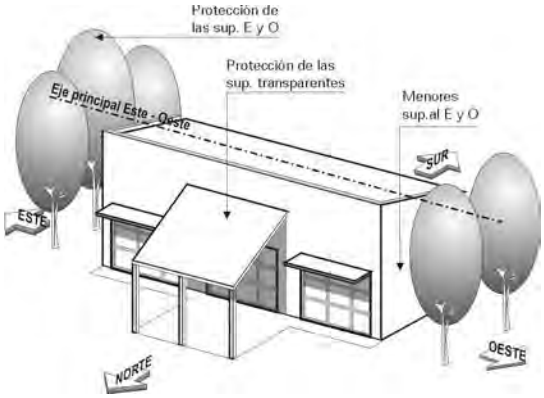


Fig. 11.49 Forma y orientación del edificio.

Es aconsejable considerar la forma del edificio, ya que la misma va a determinar la cantidad de superficie que va a estar enfrentada al sol, de acuerdo a la orientación que tenga el edificio.

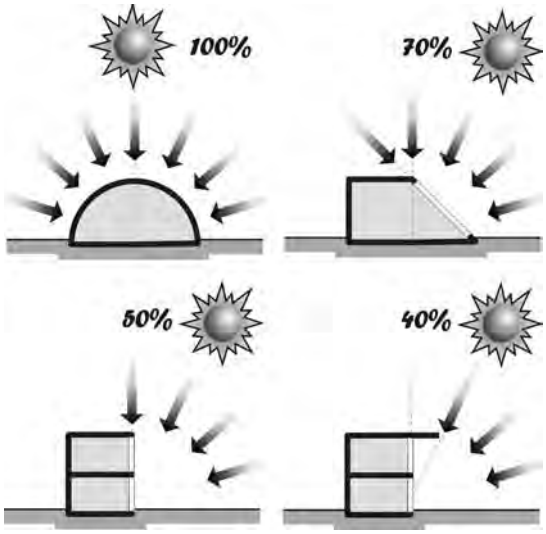


Fig. 11.50 Forma del edificio con relación a la radiación solar.

Es conveniente considerar la influencia de la radiación solar sobre los distintos planos de la envolvente durante las diferentes estaciones del año y horas del día. Por ejemplo, una cubierta plana recibirá mayor radiación en el verano debido a que los rayos solares inciden con mayor perpendicularidad a la misma. Un muro orientado al norte interceptará mayor radiación en el invierno debido a la baja inclinación del sol, lo que determina una mayor perpendicularidad de los rayos solares hacia dicha orientación.

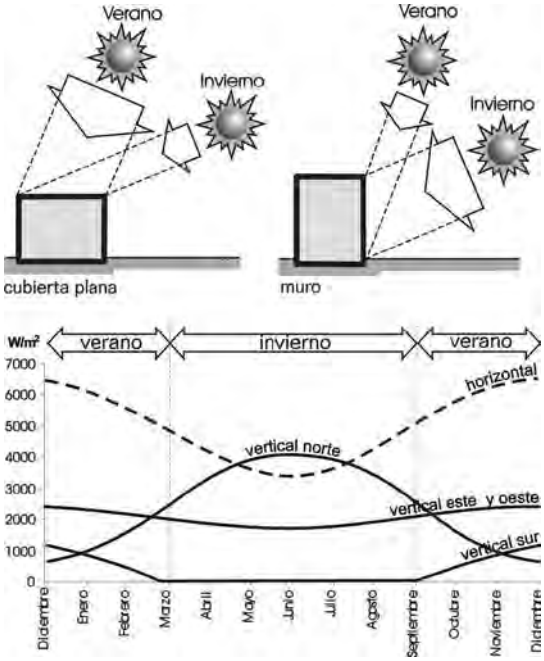


Fig. 11.51 Radiación solar teórica sobre diferentes planos de la envolvente.

Distribución de locales

Es conveniente ubicar los locales de mayor uso al Norte y los accesorios o de servicio al Sur, ya que las temperaturas interiores en invierno serán mayores en los espacios asoleados y será más fácil su protección en verano.

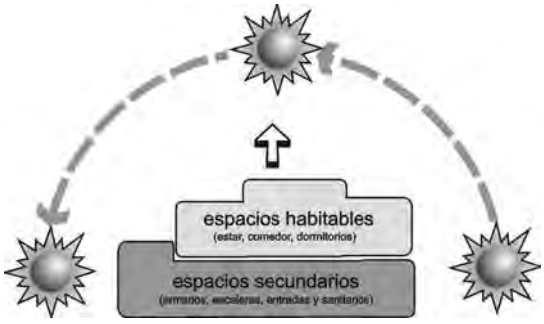


Fig. 11.52 Ubicación de los espacios interiores.

Aberturas

Se puede calefaccionar el edificio en el invierno por medio de la ganancia directa, que consiste en permitir que el sol ingrese al edificio a través de las aberturas. Durante las horas nocturnas la radiación acumulada durante el día es aprovechada, debiéndose controlar las pérdidas por las superficies vidriadas.

En el verano se debe impedir el ingreso de radiación solar mediante protecciones en las

aberturas. Durante la noche se debe ventilar el interior para dejar escapar la energía acumulada durante el día.

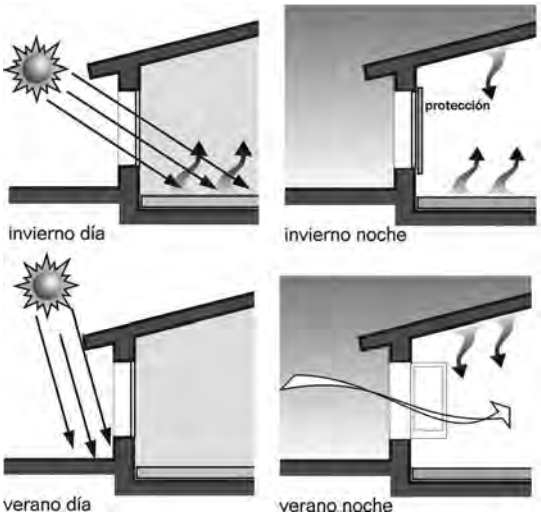


Fig. 11.53 Calefacción solar pasiva por ganancia directa de la radiación solar.

En climas fríos se puede utilizar espacios vidriados adosados al edificio (invernaderos) o muros termoconvectivos (muro Trombe) con el objetivo de aprovechar la radiación solar directa para calefaccionar en forma pasiva la vivienda.

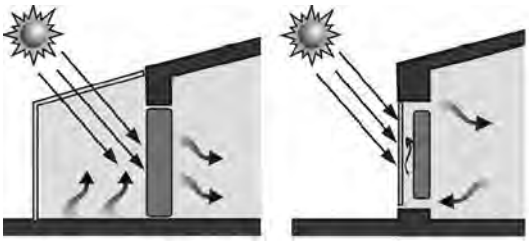


Fig. 11.54 Calefacción solar pasiva por medio de invernadero y muro Trombe.

Vegetación

Es conveniente usar adecuadamente la vegetación próxima al edificio (árboles, pérgolas, etc.) ubicando especies de hojas caducas para producir sombra en verano y permitir el ingreso de sol en invierno.

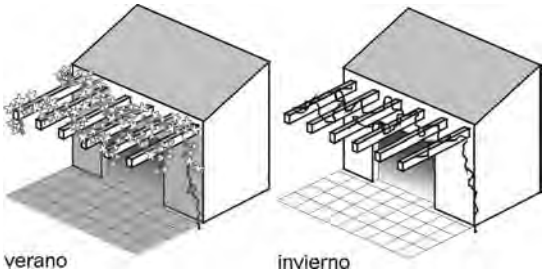


Fig. 11.55 Utilización de especies vegetales de hojas caducas para aprovechar o controlar el ingreso de radiación solar.

Cuando proyecte un edificio, sobre todo en el caso de viviendas, le aconsejamos diseñar además la vegetación asociada al mismo, para lo cual puede contar con la colaboración de profesionales especializados o consultar bases de datos de árboles y arbustos.

Uno de los métodos básicos de protección solar para climas que así lo requieren, consiste en utilizar la vegetación perenne y caduca, que facilitan el control solar a la vez que brindan ventajas ambientales. Se puede utilizar el diagrama de trayectorias solares en proyección cilíndrica desarrollada para determinar la posición más conveniente de la vegetación.

En el ejemplo de la Fig. 11.57 vemos cómo el planteo incorrecto de la ubicación y tipo de vegetación puede hacer fracasar un proyecto bioclimático, permitiendo el ingreso del sol por las ventanas en el verano, protegiendo del ingreso del sol en el invierno, cuando para la situación climática estudiada es imprescindible.

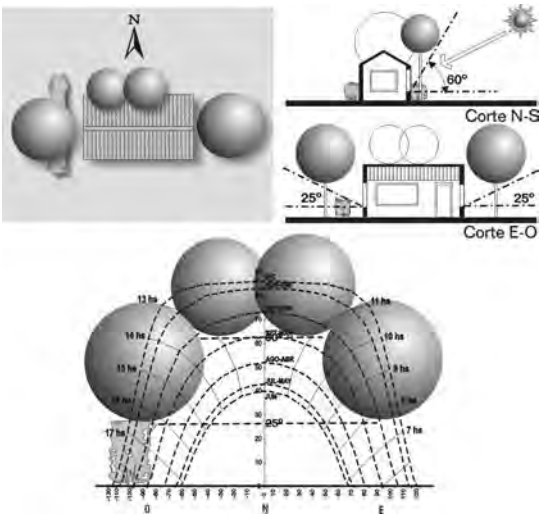


Fig. 11.56 Protecciones por medio de la vegetación bien realizadas.

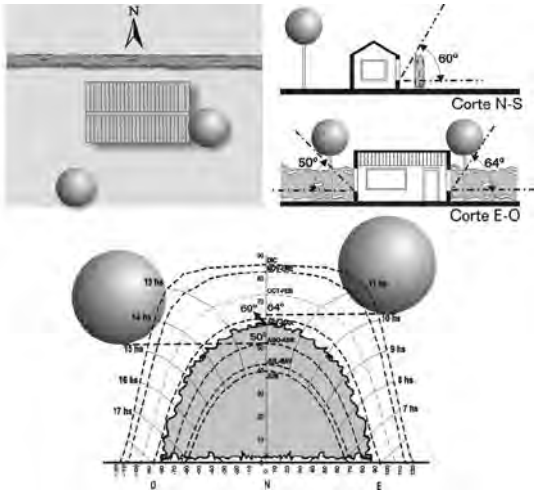


Fig. 11.57 Protecciones por medio de la vegetación mal realizadas.

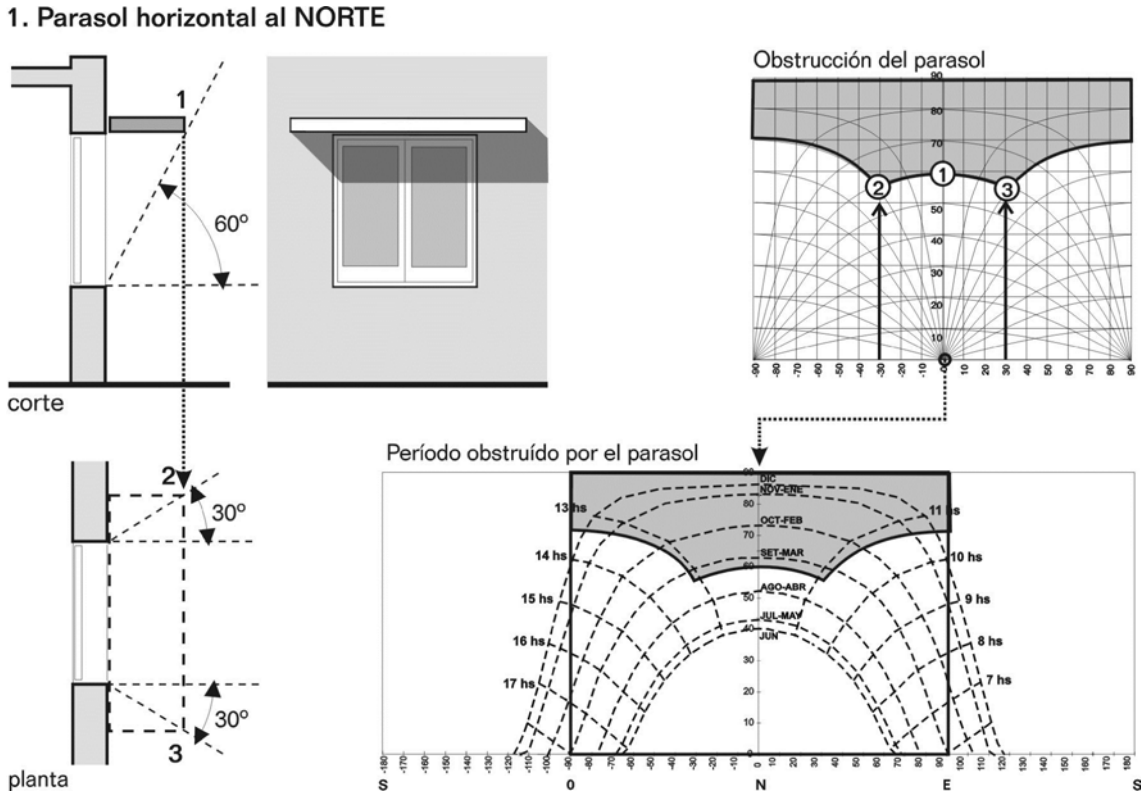


Fig. 11.58 Este parasol al Norte obstruye la radiación solar durante el período comprendido entre los meses de Septiembre hasta Marzo desde las 11:00 h hasta las 13:00 h.

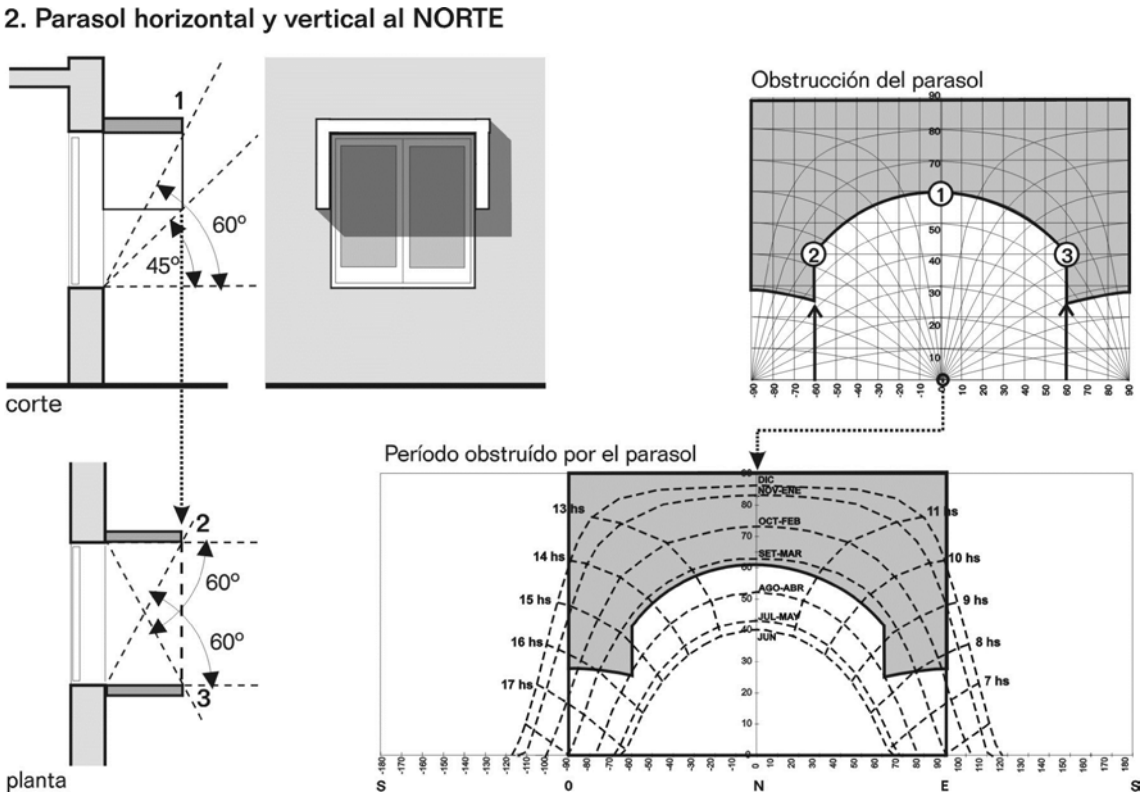


Fig. 11.59 Este parasol al Norte obstruye la radiación solar durante el período comprendido entre los meses de Septiembre hasta Marzo desde las 8:00 h hasta las 16:00 h.

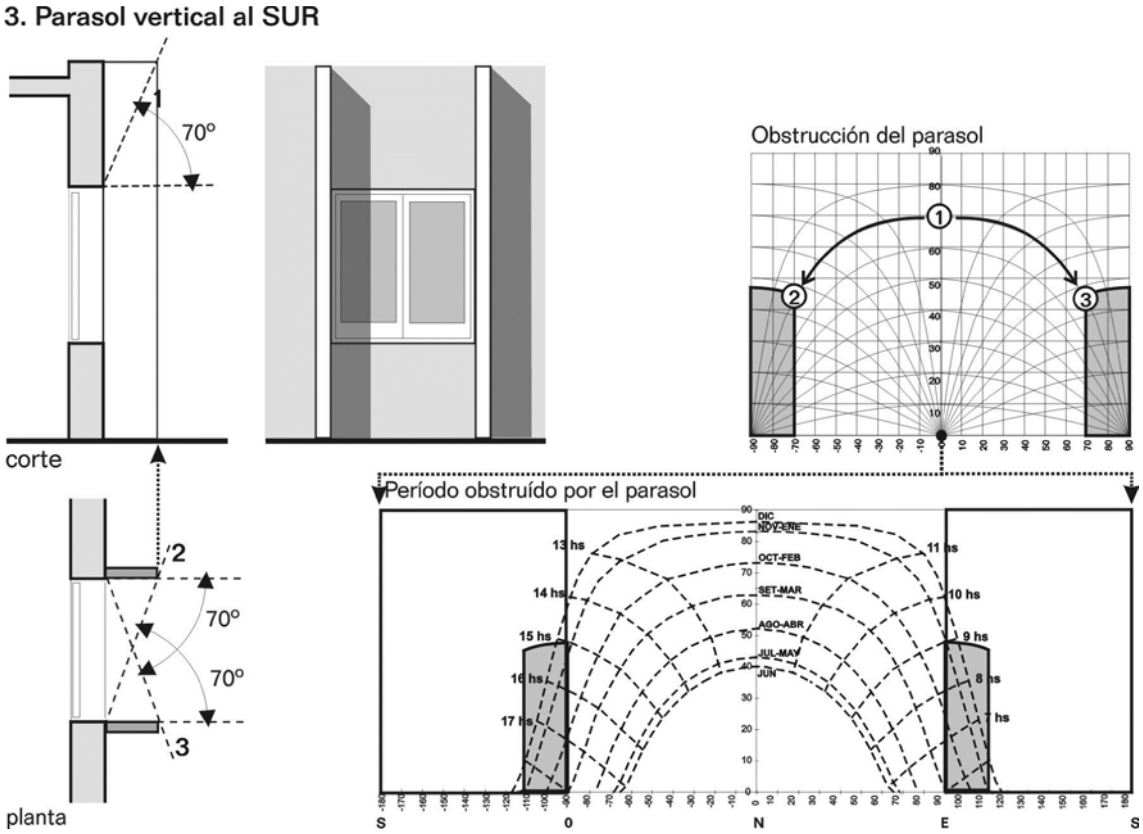


Fig. 11.60 Este parasol al Sur obstruye la radiación solar en el mes de Diciembre desde las 7:00 a las 9:00 h y desde las 15:00 hasta las 17:00 h. En los meses de Octubre a Febrero obstruye la totalidad de las horas en las que incide el sol sobre la orientación Sur.

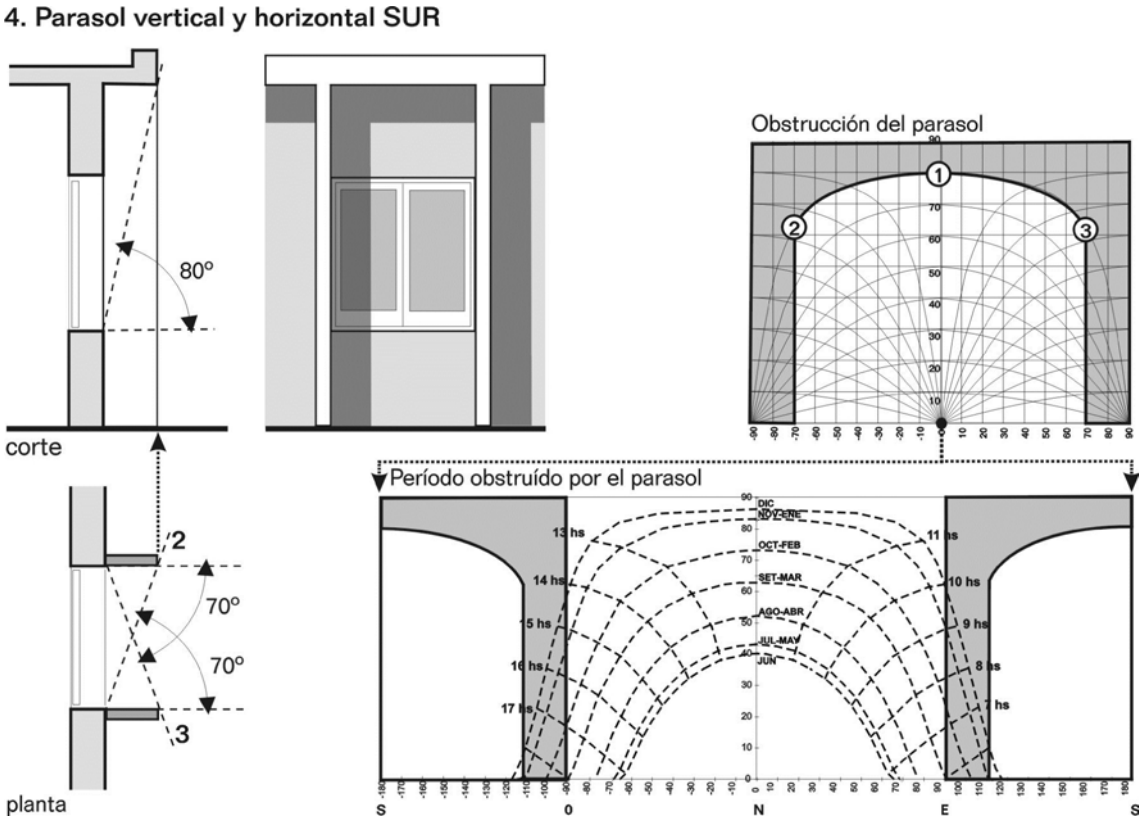


Fig. 11.61 Este parasol al Sur obstruye la radiación solar sobre la totalidad de los meses y horas en los que incide el sol sobre la orientación Sur.

5. Parasol horizontal al ESTE

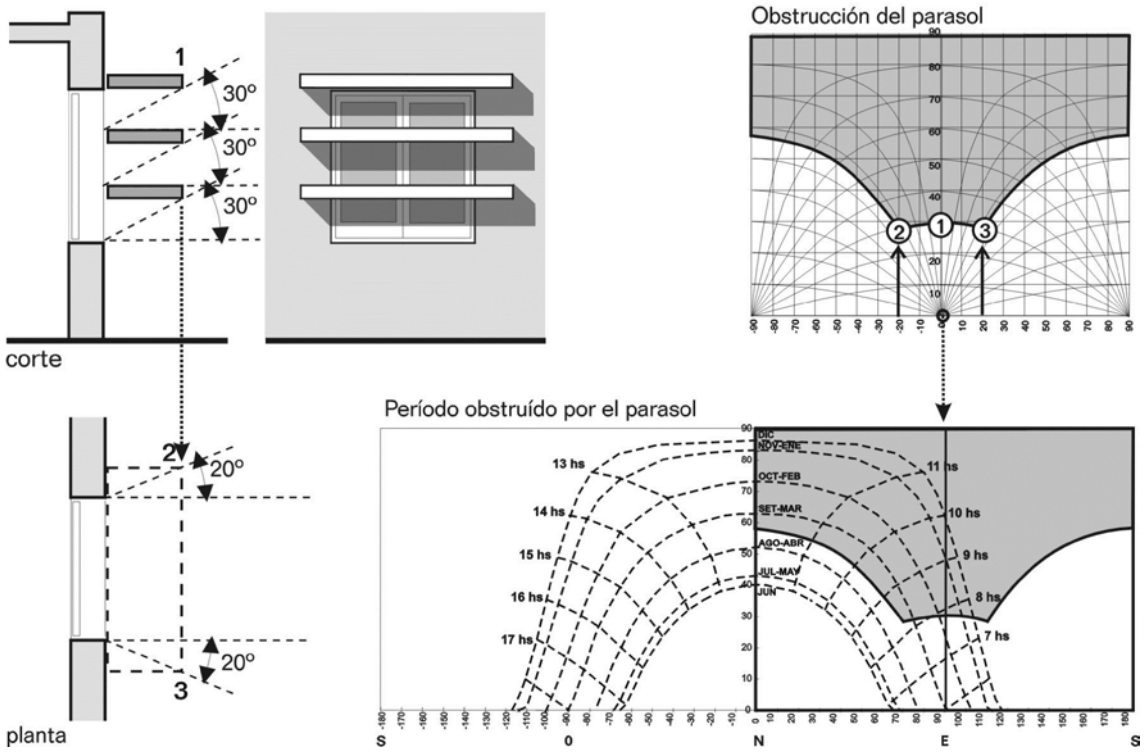


Fig. 11.62 Este parasol al Este obstruye la radiación solar durante el período comprendido entre los meses de Septiembre hasta Marzo desde las 8:00 h hasta las 12:00 h.

6. Parasol horizontal y vertical al NORESTE

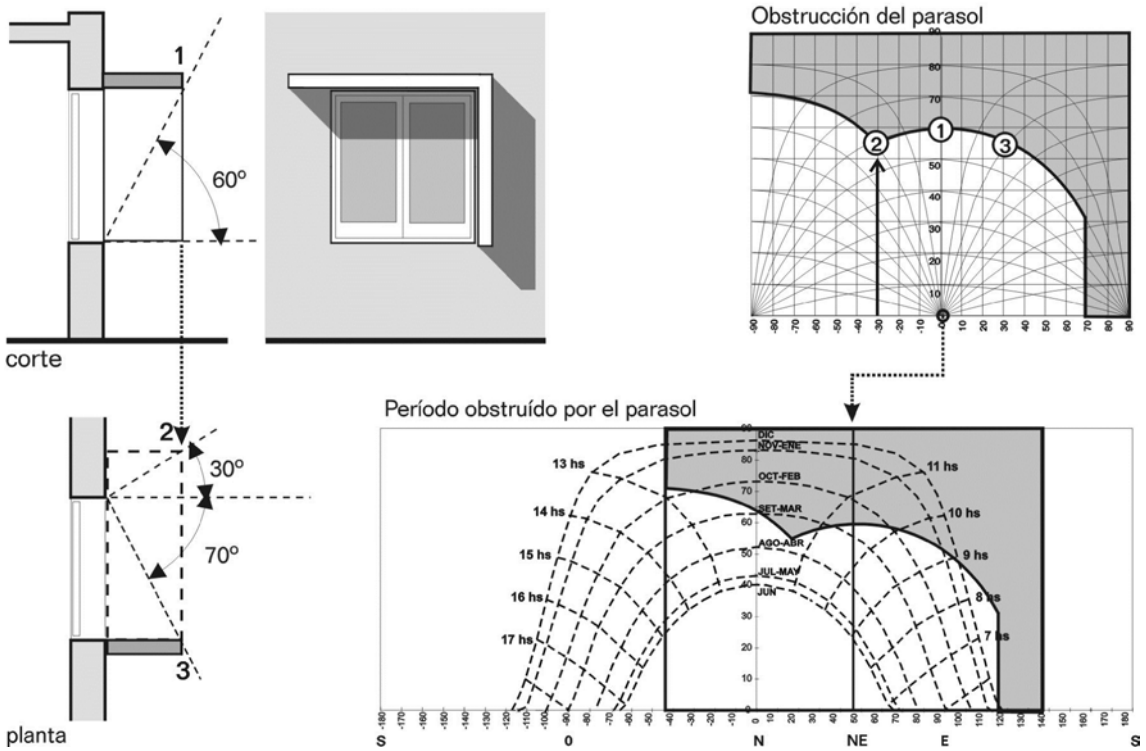


Fig. 11.63 Este parasol al Noreste obstruye la radiación solar durante el período comprendido entre los meses de Octubre hasta Febrero desde las 6:00 h hasta las 13:00 h. En los meses de Septiembre y Marzo ingresa el sol a las 9:00, 10:00 y 13:00 h.

7. Parasol vertical móvil al NOROESTE

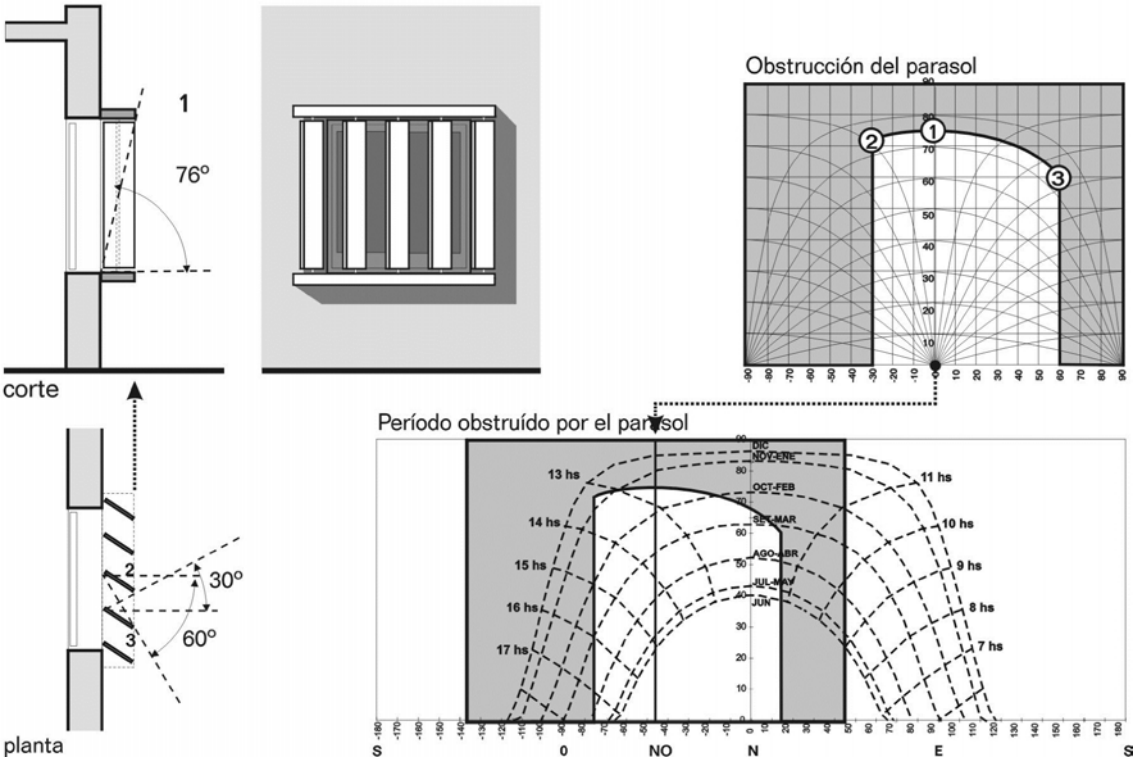


Fig. 11.64 Este parasol al Noroeste obstruye la radiación solar desde Noviembre a Enero. De Marzo a Septiembre ingresa el sol desde las 12:00 a las 16:00 h. Los meses de Octubre y Febrero ingresa el sol desde las 13:00 a las 15:00 h.

8. Galería al OESTE

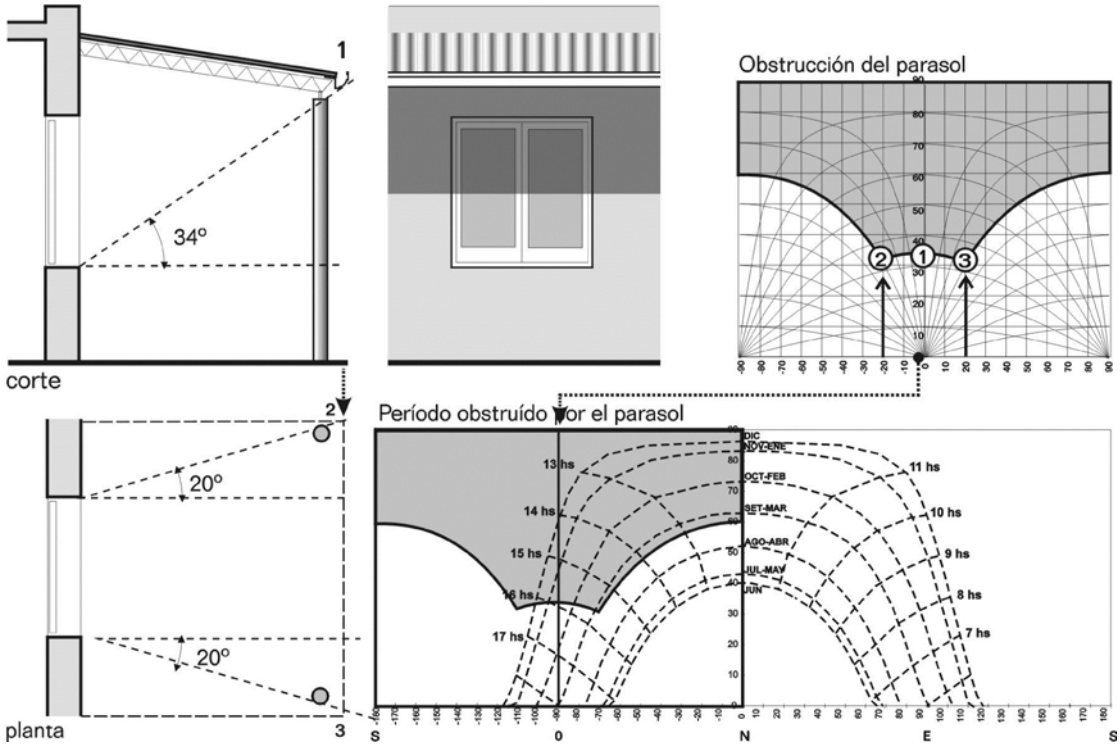


Fig. 11.65 La galería al Oeste obstruye la radiación solar durante los meses de Septiembre hasta Marzo desde las 12:00 h hasta las 16:00 h.

BIBLIOGRAFÍA

♦ Armada Argentina. (1970). "Suplemento del almanaque náutico y aeronáutico para el año 1971", O.N.A.

♦ Bernard R. et al. (1982). "La radiación solar", París, Ed. Lavoisier.

♦ Borgato-Tedeschi (1955). "Asoleamiento en la Arquitectura", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Collet L., Maristany A. (1995). "Diseño bioclimático de viviendas". Udecor.

♦ Ferro P. (1998). "Il riscaldamento con i sistemi solari passivi". ISES Italia.

♦ García-Badell J.J. (1983). "Cálculo de la energía solar", Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

♦ Gonzalo G.E. (1986). "Helioenergética, aberturas y controles bioclimáticos", Tucumán, FAU-UNT, .

♦ Gonzalo G.E. (1986). "Aprovechamiento de la energía solar", Buenos Aires, C.F.I.

♦ Gonzalo G.E. y J.R.Negrete (1980). "Influencia del sol en los edificios: control solar", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo R.E., Gonzalo G.E. y Escaño N.I. (1983). "Ventanas y controles bioclimáticos", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E. (1982). "Acimut y Altura Solar para localidades del N.O.A.: software de aplicación", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E., Gonzalo R.E. y Escaño N.I. (1980). "Análisis climático y pautas para el diseño en S.M.Tucumán", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E. (1982). "Cálculo del acimut y altura solar para el NOA.", FAU-UNT.

♦ Hulstrom R. y Imanura M. (1976). "Definition study for photovoltaic residential prototype systems", Final Rep., USA, Martín Marietta MCR.76-394.

♦ Instituto Observatorio de Marina. (1983). "Efemérides astronómicas 1983", San Fernando, Cádiz.

♦ Junta Andalucía. (1997). "Arquitectura y clima en Andalucía", Sevilla, Junta de Andalucía.

♦ Mazria E. (1983). "El libro de la energía solar pasiva", México, G.Gili, 1983.

♦ Serra R. (s/f) "Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático". CIEMAT. Cataluña.

REFERENCIAS

♦ Gonzalo G.E, Ledesma S.L., Nota V. (2000). "Habitabilidad en edificios. Propuestas de normas para Tucumán".

♦ Gonzalo G.E. (1995). "Programa para el cálculo del acimut y altura en horas solares, construcción del diagrama de trayectoria solar en proyección cilíndrica desarrollada, del reloj solar horizontal y cálculo de radiación mensual para días claros, sobre cualquier tipo de plano", Tucumán, IAA-FAU-UNT, inédito.

♦ Gonzalo G.E. (1995). "Metodología de uso de los diagramas de visión de bóveda y de trayectoria solar en proyección cilíndrica desarrollada", IAA-FAU-UNT, inédito.

♦ Gonzalo G.E. y Nota V. (1997). "Importancia del sombreado de la vegetación para el confort humano en los espacios para la recreación", Congreso Internacional de Arquitectura del Paisaje, Buenos Aires.

♦ Gonzalo G.E., Acosta C. y Ibañez V. (1995). "Base de datos sobre arquitectura vegetal", Tucumán, IAA-FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E. (1995). "Ensayo sobre procesamiento de imágenes", Escuela de Postgrado en Luz y Visión, Módulo IV, Visión Humana y Artificial, Prof. Dr. Tom Troscianko, U.Bristol -Inglaterra, ESPOLYV.

♦ Gratia E., DeHerde A. (1998). "Pasive solar heating". Mid-Career Educations. Altener.

♦ Ledesma S.L., Nota V. (2001). "Guía de trabajos prácticos. Materia Acondicionamiento Ambiental 1". IAA, FAU, UNT.

12 PAUTAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

El clima es una de las influencias más decisivas de la vida humana, ya que dirige más o menos todos los factores de la vida cotidiana... La vivienda y la ropa de los seres humanos dependen directamente de la clase de clima. Pueblos y ciudades, su planificación y su construcción se ven extraordinariamente favorecidos o perjudicados por el clima. El sol y el calor continuados permiten construcciones muy diferentes a las impuestas por la oscuridad y el frío.
D.EISFELD, "El genio"

INTRODUCCIÓN

Desarrollaremos en este capítulo los métodos más utilizados para pautar o definir estrategias bioclimáticas de aplicación en el diseño de edificios. En los capítulos siguientes se desarrollarán algunas pautas gráficas que permiten valorizar los distintos conceptos que hemos enunciado anteriormente y otros que surgen del método que aquí se desarrolla, a fin de facilitar el uso, por parte del proyectista, de estrategias y pautas para el diseño del edificio. Se debe considerar de todos modos que tanto el método antes mencionado como las pautas gráficas son indicativas de situaciones puntuales y dependerá de la sabia integración que se haga de las mismas, la corrección bioclimática del diseño arquitectónico.

Conforme a la mayor incidencia estadística de algunas estrategias y al criterio que establezca el diseñador para el edificio que está proyectando, se elegirán aquellas pautas que contemplen los casos específicos.

DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS Y PAUTAS DE DISEÑO

La relación de los datos climáticos según rangos permite que el arquitecto pueda establecer para una determinada localidad, cuales serían las estrategias generales y pautas particulares de diseño de su edificio que permitan a éste brindar el máximo de confort interno con un mínimo costo de energías convencionales.

En una primera etapa de este análisis se determina, mediante la utilización del diagrama psicrométrico que ya vimos en la publicación sobre gráficos y datos para el diseño bioclimático, dividido según estrategias bioclimáticas, las posibilidades de llevar los distintos puntos de temperatura y humedad característicos de un determinado clima a la zona de confort.

Diagramas como los citados fueron construidos específicamente para las distintas ciudades principales de la República Argentina (Gonzalo, 1993) y su base generativa es la temperatura media anual de la localidad que se está analizando y la altura sobre el nivel del mar de la misma. Entonces, si no se dispone de un gráfico específico para alguna localidad, se puede considerar sin mucho error otro cuya temperatura media anual y altura estén aproximadas a la que se está estudiando.

Se describe además el mecanismo de trabajo con estos diagramas y se desarrollan ejemplos que serán similares a los que se van a utilizar en la práctica real de la arquitectura.

EL DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

Todos los elementos climáticos que caracterizan a una masa de aire se relacionan entre sí en el diagrama psicrométrico, en el cual podemos encontrar distintos valores característicos de una determinada masa de aire conociendo dos de ellos.

En el diagrama psicrométrico se indican las temperaturas de bulbo seco en las abscisas y la humedad absoluta en ordenadas.

Las líneas curvas expresan la humedad relativa y sobre la línea del 100% de humedad están los valores de temperaturas de bulbo húmedo.

Las características del estado higrotérmico de la atmósfera pueden ser descriptas en sus valores más importantes por medio del diagrama psicrométrico que para una presión determinada, permite encontrar para un punto cualquiera el estado del aire húmedo según las siguientes variables:

a) Temperatura del bulbo seco: se indica en las abscisas del diagrama; representa la temperatura que marca un termómetro común.

Tiene relación con el calor sensible del aire en una mezcla de vapor y aire.

b) Temperatura del bulbo húmedo: está representada por líneas inclinadas que nacen en la curva extrema de humedad relativa. Su medición se realiza mediante el termómetro del bulbo húmedo y esta temperatura como la anterior puede determinarse mediante el psicrómetro.

La temperatura húmeda está relacionada con el calor latente del aire y el conocimiento de las condiciones psicrométricas del mismo nos permitirá encontrar todas las variables higrotérmicas.

c) Humedad relativa: se indican en el diagrama por medio de curvas que representan el porcentaje de humedad que tiene el aire, en comparación con la que tendría ese mismo aire a igual temperatura de bulbo seco, si estuviera saturado de humedad.

En el diagrama se encuentran las líneas de humedad relativa, variando de 10% en 10%. En caso de tener un valor intermedio se puede interpolar.

d) Humedad absoluta: es la masa de vapor que está presente en el aire, expresada en gramos, por cada kilogramo de aire seco. Su valor se indica en las ordenadas y las líneas de humedad absoluta constantes son paralelas a las abscisas.

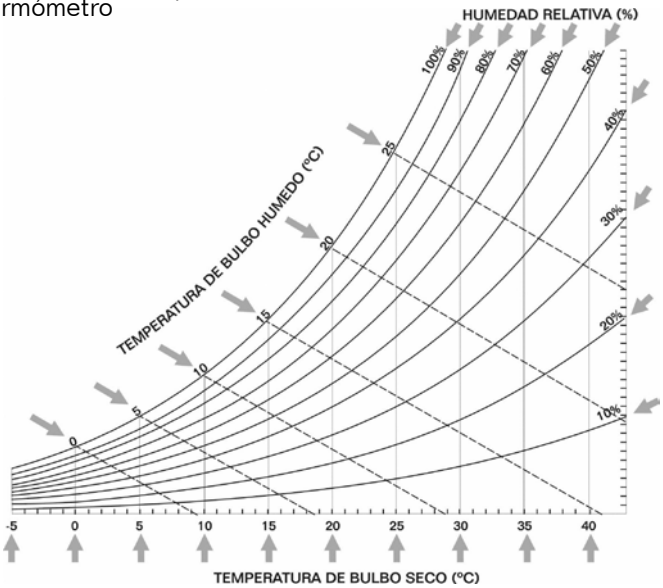


Fig. 12.1 Líneas de temperatura y humedad relativa del diagrama psicométrico.

e**) Entalpía del aire húmedo**: su valor indica el contenido de calor total de la mezcla de vapor y aire, como la sumatoria del calor sensible del aire y del líquido, más el calor latente del agua evaporada.

Las líneas de entalpía constante coinciden con las de temperatura de bulbo húmedo, ya que se llega a éstas por un proceso constante de saturación adiabática. La lectura de la entalpía se efectúa en la escala que se ubica sobre la curva de la humedad relativa máxima.

f) Volumen específico: es el valor recíproco de la densidad y depende del estado térmico del aire.

Su valor en m^3/Kg se lo expresa en el gráfico mediante líneas inclinadas de volumen específico constante.

Para definir bioclimáticamente un lugar, se parte del estudio de los valores promedios del clima y especialmente de las condiciones higrotérmicas de su atmósfera, relacionados con la respuesta fisio-psicológica del usuario del proyecto que buscamos pautar.

g) Otros datos: además de los datos anteriormente mencionados, en el diagrama psicrométrico se encuentran graficados otros,

tales como la presión de vapor y el coeficiente de calor sensible cuyos valores y escala se indica en las ordenadas y son líneas paralelas a las abscisas.

También se puede determinar la temperatura de saturación o punto de rocío. Para ello se debe ingresar al diagrama con el valor de presión de vapor y donde corta con la curva de humedad relativa del 100% se obtiene en el eje de las abscisas el valor de temperatura de saturación.

Zonificación bioclimática del diagrama psicrométrico

Vimos anteriormente los distintos componentes que conforman el diagrama psicrométrico.

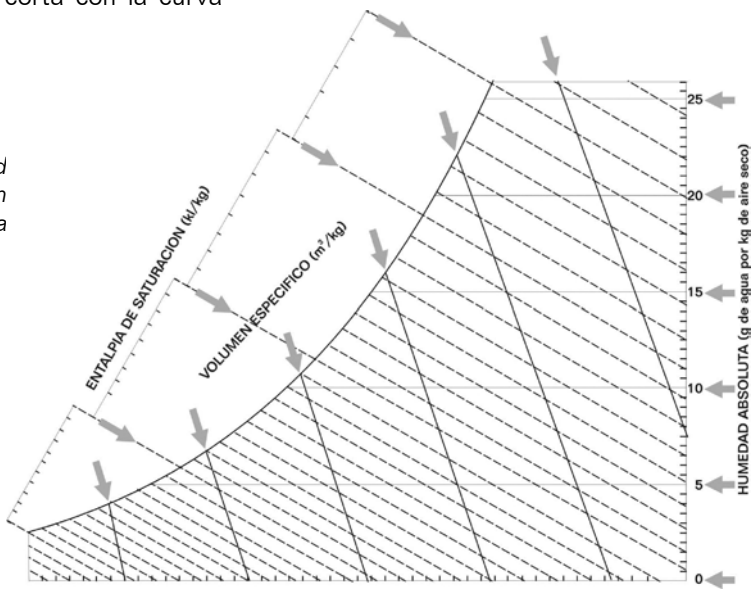


Fig. 12.2 Líneas de humedad absoluta, entalpía y volumen específico del diagrama psicrométrico.

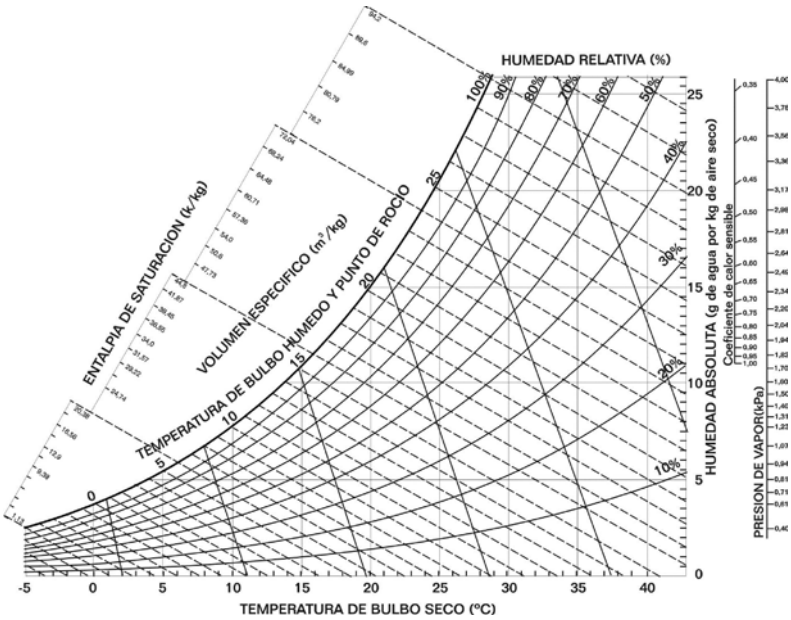


Fig. 12.3 Diagrama psicométrico completo.

En este diagrama se delimitan, además, zonas cuyas características de humedad y temperatura indican la conveniencia de utilizar una determinada estrategia de diseño en el proyecto. Estableceremos aquí algunas de las consideraciones básicas que se tomaron para la construcción de la zonificación bioclimática para distintas estaciones.

Se sigue en este desarrollo los aportes producidos por muchos autores (Givoni, 1976), la mayoría fundados en el primer libro del Dr. Baruch Givoni. Todos estos métodos toman como base el diagrama psicrométrico, diferenciándose en la distribución zonal de estrategias.

Mediante simulaciones que venimos desarrollando con la colaboración de estudiantes desde 1992, nos dimos cuenta que las zonificaciones propuestas tenían una limitación básica, ya que todos estaban construidas sobre

el diagrama psicrométrico correspondiente a una altura sobre el nivel del mar de 0 m.

Es así que se realizó un programa de computación, CEEMAESTBIO.XLS, que permite determinar la distribución anual de estrategias bioclimáticas para niveles sobre el del mar que van de 0 a 3000 m, en saltos de 500 metros. Dicho programa se adjunta en el Apéndice 2 y en el disco que acompaña a este disco.

Para el uso de estos diagramas se deberá contar como mínimo con los datos promedios de temperatura máxima y mínima mensuales, con la humedad relativa respectiva. Además, se debe tener el valor de la temperatura media anual de la localidad, ya que como veremos más adelante, en éste valor se basa la zonificación que se superpone al diagrama psicrométrico.

También se pueden realizar análisis detallados hora por hora, no disponiéndose hasta el momento de un programa para realizarlo por computadora, por lo que deben volcarse los valores a mano.

Construcción de la zonificación bioclimática

a. Zona de confort

Esta zona corresponde a las condiciones de temperatura y humedad en las que el cuerpo se encuentra en bienestar térmico.

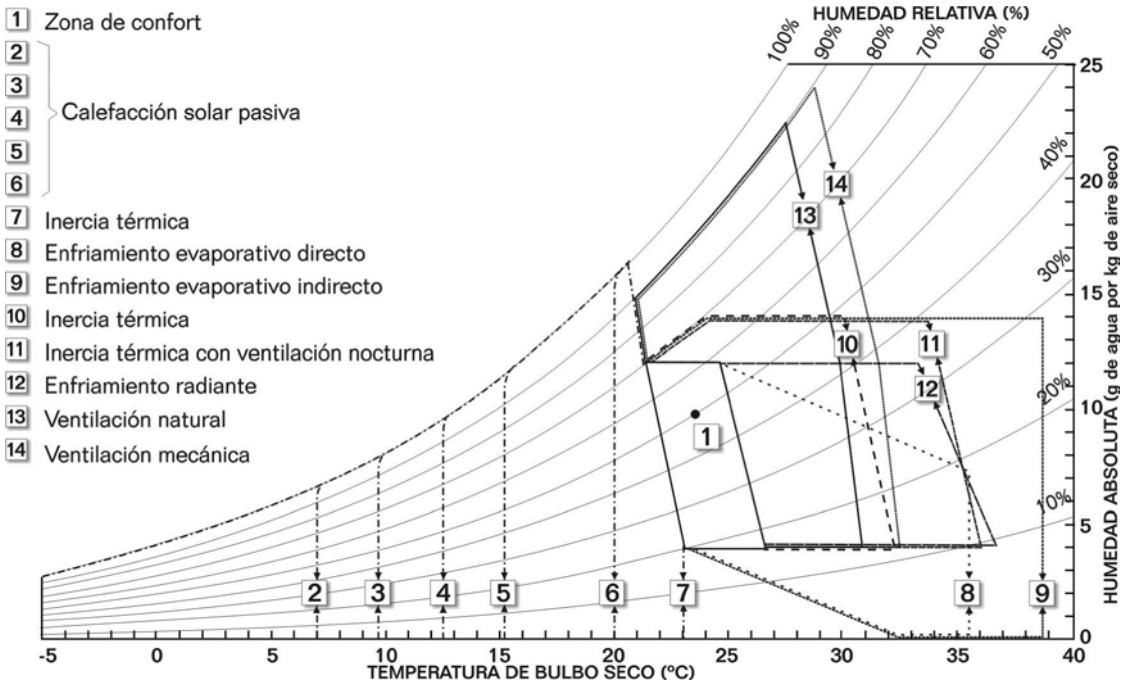


Fig. 12.4 Zonificación de estrategias bioclimáticas para S.M. de Tucumán (altura s.n.m=500 m)

Cuando las condiciones climáticas de una localidad se ubican principalmente dentro de esta zona, no se requieren intervenciones constructivas en los edificios para brindar una sensación térmica agradable a los ocupantes.

De acuerdo con la expresión indicada por Auliciens (Szocolay, 1976) se encuentra en principio la temperatura de neutralidad o de "confort", que luego servirá de base para la determinación de las distintas zonas:

TCON = 17.6 + 0.31 x TMAN

siendo:
TCON : Temperatura de confort [ºC].
TMAN : Temperatura promedio anual de la localidad [ºC].

Desde este "polo de confort" se extiende la zona primaria de confort, entre los 4 y 12 g/Kg de agua por Kg de aire seco, y con un ancho aproximado a +/- 2 ºK.
Estas líneas de borde horizontal tienen una pendiente de 0.025 x (TCON - 14) por cada g/Kg de distancia vertical.

b. Inercia térmica

El efecto de inercia térmica, a fin de obtener el confort interno, amplía la zona de confort, obteniendo estos límites al agregar la mitad del rango de temperaturas máximas y mínimas medias, en la línea de 14 g/Kg.

En esta zona, para obtener un bienestar térmico interior, se debe reducir o incrementar

la temperatura mediante el amortiguamiento y retardo de la onda térmica exterior. Por ello la utilización de materiales pesados, con alta capacidad de almacenar calor permitirá absorber el calor en su masa y restituirlo mucho más tarde así también disminuir la amplitud de la temperatura interior, logrando que las temperaturas máximas y mínimas se aproximen a las medias.

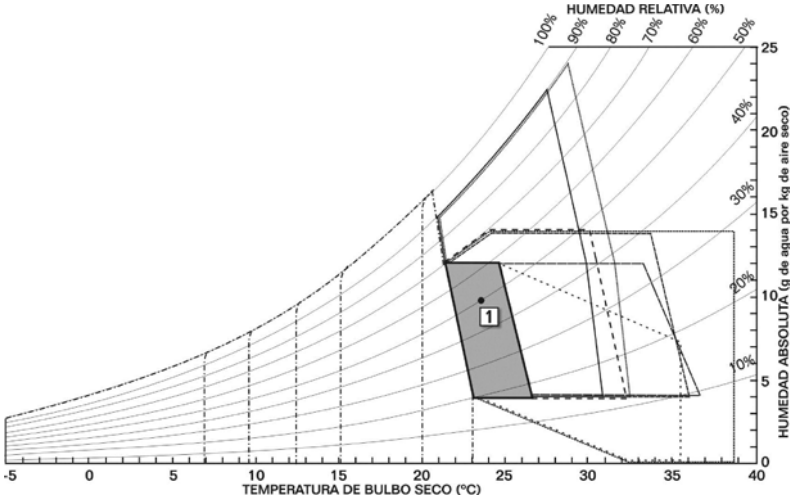


Fig. 12.5 Polo y zona de confort.

c. Inercia térmica con ventilación nocturna

La zona de la inercia térmica puede ser ampliada al considerar la estrategia de tener el edificio cerrado durante el día y ventilar durante la noche, con lo cual podemos desplazar el límite de la zona a 0.8 de la diferencia anterior.

Esta estrategia consiste en utilizar en las envolventes materiales con inercia térmica para que el calor no ingrese durante el día y se disipe en las horas nocturnas de modo tal que, cuando la temperatura exterior sea menor que la interior, se ventile el edificio para posibilitar el enfriamiento estructural.

d. Ventilación natural y mecánica

El efecto de enfriamiento por movimiento del aire en el interior de los edificios también amplía la zona de confort y es otra de las estrategias bioclimáticas que se pueden aplicar.

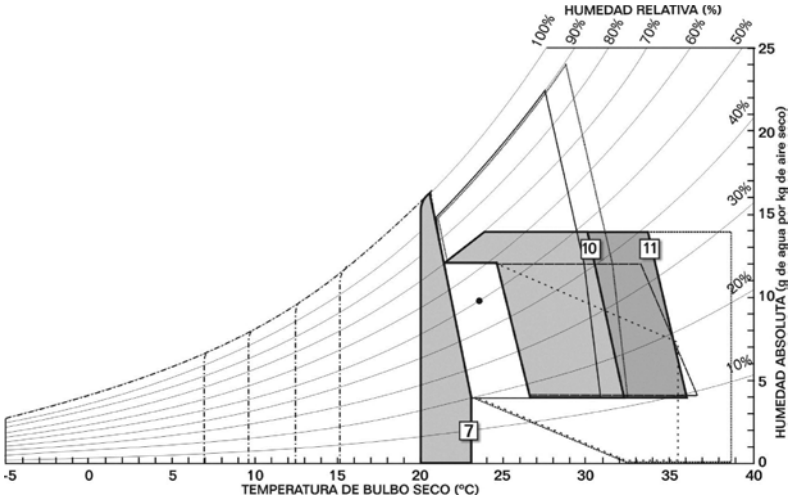


Fig. 12.6 Zona de inercia térmica (7 y 10) y ampliación con ventilación nocturna (11)

Se asume un nivel medio de actividad de 1.5 met y ropas livianas equivalentes a 0.4 clo. Se estima entonces una diferencia de temperatura de 5 ºC para ventilación natural y 6.5 ºC con apoyo de ventilación mecánica, disminuyendo la pendiente hacia los valores menores de humedad relativa.

La ventilación natural permite incrementar la sensación de confort al incidir sobre las personas, principalmente en climas húmedos, ya que facilita las pérdidas de calor por evaporación. Asimismo, posibilita el enfriamiento estructural si se ventila el interior del edificio en las horas en que la temperatura exterior ha descendido.

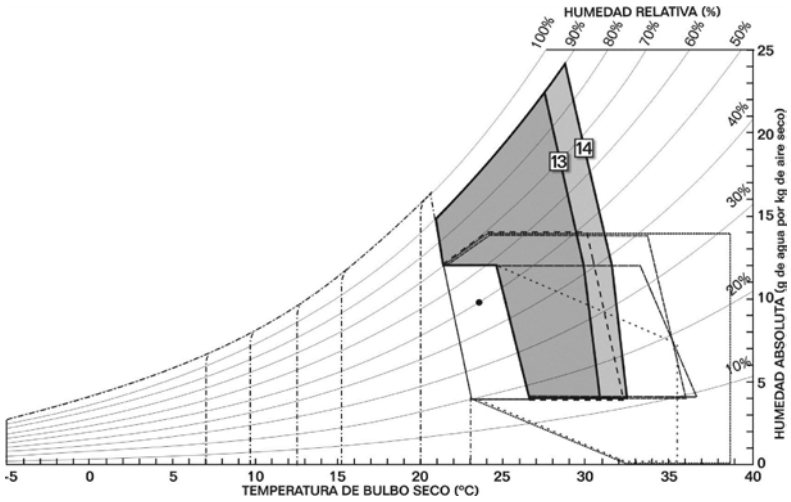


Fig. 12.7 Zona de ventilación natural (13) y ventilación mecánica (14)

e. Enfriamiento evaporativo directo e indirecto

El enfriamiento evaporativo se puede determinar prolongando la zona de confort en dirección de las líneas de temperatura de bulbo húmedo y considerando que se pueden obtener hasta 12 ºC con respecto al límite inferior de la zona de confort. Esta zona se puede extender en +3 ºC en caso de utilizar intercambiadores de calor del tipo rotativo o de plato, los cuales extienden también el límite superior a 14 g/Kg de humedad absoluta, ya que no agregan humedad al aire.

En esta zona se logra la disminución de la temperatura por medio calor absorbido al producirse la evaporación del agua. En el sistema de enfriamiento evaporativo directo, el aire que ingresa al local tiene contacto directo con el agua, por lo que éste adquiere mayor humedad. En el evaporativo indirecto se utilizan elementos intermedios para el intercambio de calor, de modo tal que el aire no tiene contacto directo con el agua.

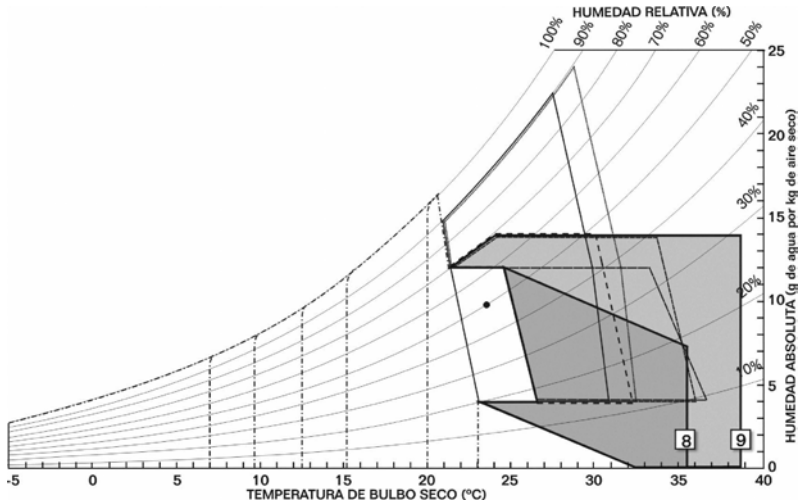


Fig. 12.8 Zona de enfriamiento evaporativo directo (8) e indirecto (9).

f. Calefacción solar pasiva, activa y calefacción convencional

En esta zona el edificio debe diseñarse para favorecer la captación, la acumulación y la distribución del calor mediante sistemas específicamente dispuestos para ello, con la finalidad de cubrir las necesidades de calefacción durante el mayor tiempo posible.

En cuanto a las posibilidades para obtener calefacción por medios pasivos, se pueden determinar varias zonas dependiendo las mismas de las características del edificio y de la intensidad de la radiación solar sobre el plano Norte que se tenga en el mes más frío (Watson, 1982).

En el caso de controlar la infiltración y aislar convenientemente el edificio, podemos utilizar calefacción solar por sistemas activos o sistemas convencionales por debajo de los 7 ºC aproximadamente.

De 7 a 9.7 ºC y con las mismas prevenciones para la conservación del calor indicadas anteriormente, podemos utilizar sistemas de calefacción solar pasiva, que cuenten con una eficiencia superior al 33% y teniendo una intensidad de radiación solar media sobre el plano Norte en el mes más frío superior a 5300 W/m^2 por día.

Con las mismas consideraciones que las indicadas al comienzo, pero con 4500 W/m^2 por día, podemos desplazar la utilización de calefacción solar pasiva hasta los 12.5 ºC, con 3700 W/m^2 hasta los 15.2 ºC y con 2800 W/m^2 hasta los 25.5 ºC.

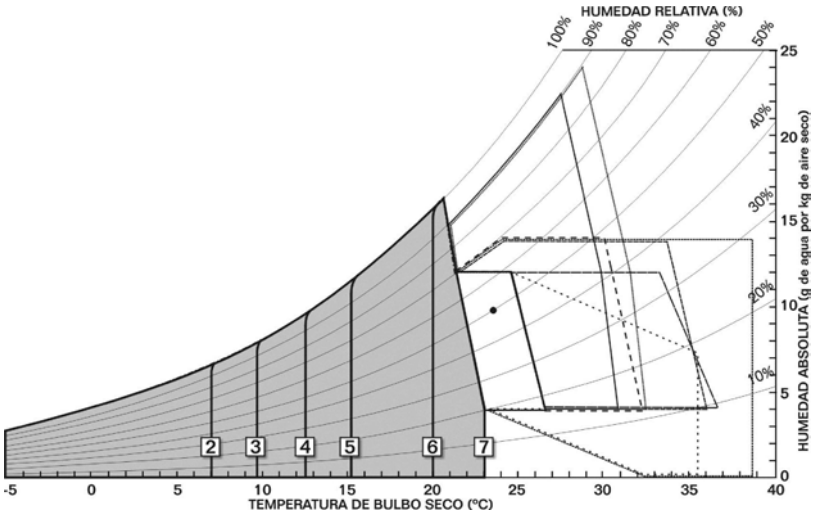


Fig. 12.9 Zona de calefacción solar pasiva (3,4,5,6,7), activa y convencional (2)

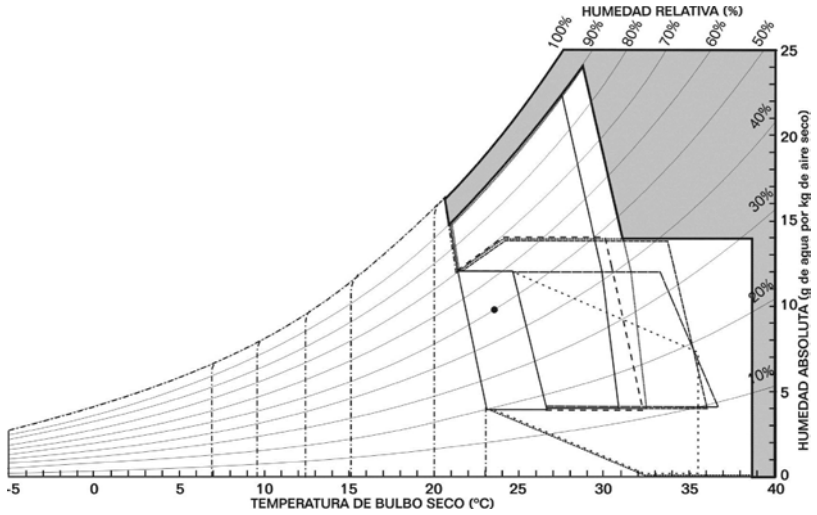


Fig. 12.10 Zona de enfriamiento convencional.

g. Otras estrategias

Fuera de los límites establecidos anteriormente sólo quedan los sistemas convencionales de deshumidificación, enfriamiento y humidificación.

En esta zona la temperatura para el confort solo se puede obtener por medio de equipos de aire acondicionado.

A pesar de no ser esta una estrategia bioclimática, es necesario tener en cuenta que el adecuado diseño del edificio con relación al clima permitirá que este tipo de sistema solamente se utilice como apoyo, con lo que se puede lograr una importante reducción del consumo de energía convencional.

Para el correcto rendimiento de los sistemas convencionales de enfriamiento es de fundamental importancia lograr disminuir todo lo posible las ganancias de calor, adoptando medidas tendientes a aislar térmicamente la envolvente del edificio y a evitar el ingreso de

la radiación solar directa por las superficies transparentes mediante un correcto diseño de las protecciones solares.

Método para determinar las estrategias bioclimáticas.

Desde 1992 venimos aplicando un método sencillo, junto con nuestros estudiantes, a efectos de simular las condiciones que presentará un clima determinado, comparando soluciones de diseño en climas normalmente desconocidos o con poca permanencia en el mismo y el de San Miguel de Tucumán.

El procedimiento para determinar las estrategias de diseño bioclimático para la localidad que se desea analizar, consta de las siguientes etapas:

1º. Recopilación de datos de temperatura y humedad.

Se deben recopilar de la localidad en estudio, los datos de temperaturas medias: máxima, media y mínima y los de humedad relativa media: máxima, media y mínima mensual.

Para facilitar el posterior uso, a éstos datos se los agrupa de a pares, colocando en una planilla como la de la Fig. 12.11, la temperatura media máxima con la humedad media mínima, la temperatura media con la humedad media y finalmente la temperatura media mínima con la humedad media máxima.

Mes	Temperatura y humedad					
	Temperatura media máxima	Humedad relativa mínima	Temperatura media	Humedad relativa media	Temperatura media mínima	Humedad relativa máxima
Enero	30,60	58,00	24,80	79,00	19,60	94,00
Febrero	29,20	61,00	23,70	82,00	18,70	95,00
Marzo	28,40	66,00	21,70	85,00	17,40	95,00
Abril	24,10	64,00	18,80	84,00	14,00	97,00
Mayo	20,90	65,00	15,40	85,00	10,20	97,00
Junio	18,70	59,00	12,30	83,00	6,00	97,00
Julio	19,00	51,00	11,40	77,00	4,40	96,00
Agosto	21,50	40,00	13,20	68,00	5,00	92,00
Setiembre	24,20	44,00	16,90	68,00	9,50	91,00
Octubre	27,20	43,00	20,00	65,00	12,60	89,00
Noviembre	29,40	45,00	22,60	66,00	15,60	89,00
Diciembre	29,90	52,00	24,20	76,00	17,80	92,00

Fig. 12.11 Planilla de ejemplo para el volcado de datos de temperatura y humedad (Localidad: Famaillá)

Se debe adoptar el diagrama psicrométrico base correspondiente a la altitud próxima a la de la localidad y el diagrama psicrométrico con la zonificación de estrategias, correspondiente a la ciudad en análisis.

Los diagramas psicrométricos base y con zonificación de estrategias correspondientes a las distintas alturas sobre el nivel del mar se encuentran en el Apéndice 10 de este capítulo.

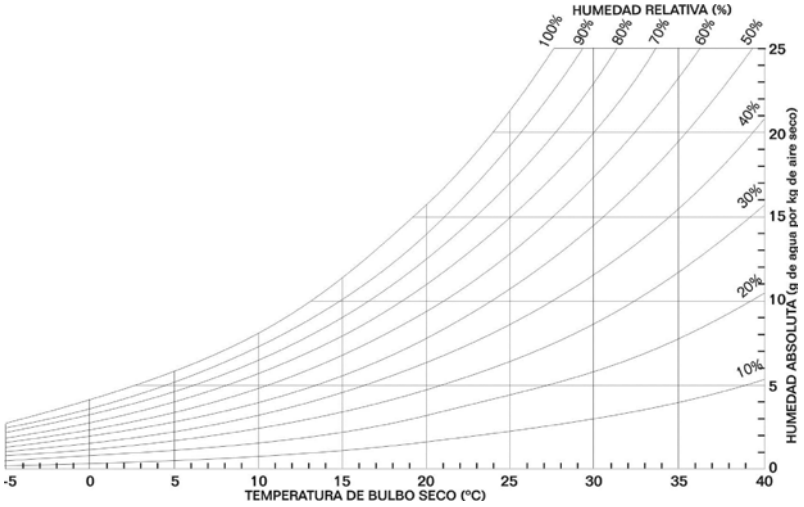


Fig. 12.12 Diagrama psicrométrico base para una altura s.n.m. de 500 m (Famaillá)

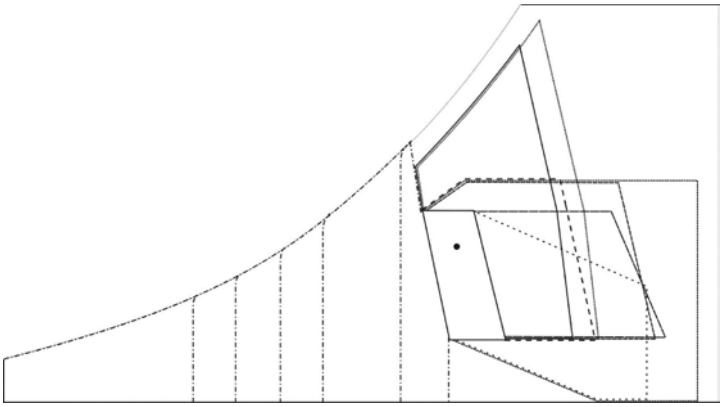


Fig. 12.13 Diagrama psicrométrico con zonificación de estrategias bioclimáticas.

2º.Volcado de datos al diagrama psicrométrico.

Se procede a la superposición de ambos diagramas y al volcado de los datos de temperatura y humedad, considerando que en las abscisas se expresan los valores de temperatura y las líneas curvas indican la humedad relativa. Se deben registrar los valores de cada mes respondiendo a la siguiente correspondencia:

a. Los valores de temperatura media máxima con los de humedad relativa media mínima.

b. Los valores de temperatura media con los valores de humedad media.

c. Los valores de temperatura mínima con los de humedad máxima.

Se determinará de este modo, un segmento por cada mes del año como se puede observar en la Fig. 12.14.

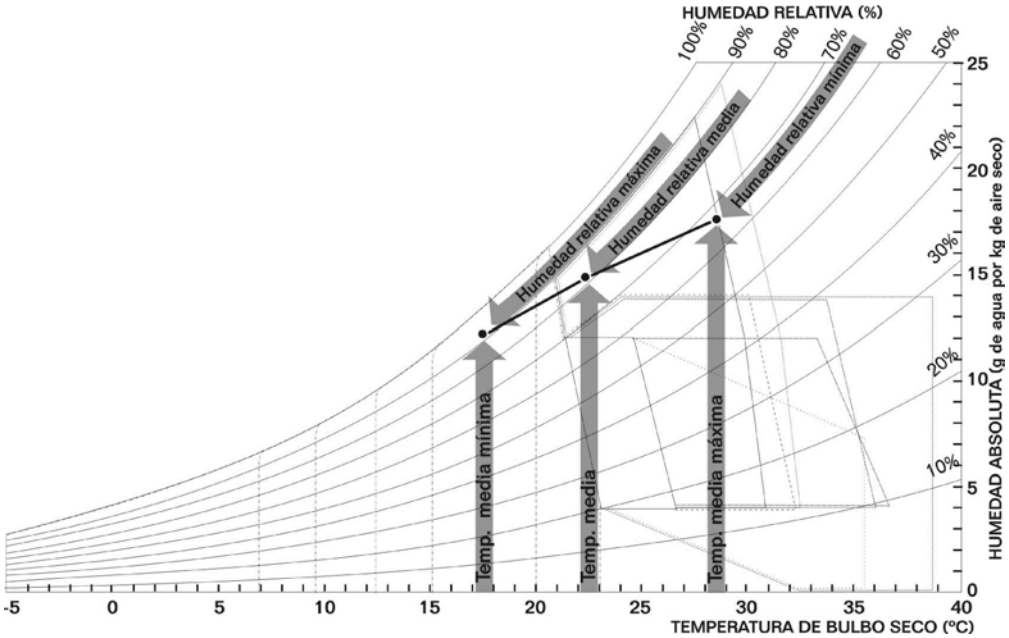


Fig. 12.14 Determinación del segmento del mes de Marzo en el diagrama psicométrico.

3° Determinación de las estrategias de mayor incidencia.

En esta etapa se procede a calcular los valores porcentuales de cada estrategia, siendo las de mayor valor, las estrategias de diseño bioclimático recomendadas de aplicar para aproximar las condiciones interiores del edificio a las de confort.

Es conveniente realizar, para el volcado de los datos y ordenamiento del proceso de cálculo, una planilla en la que se ubican en las filas los meses y en las columnas las estrategias identificadas con un número, como se puede observar en la Fig. 12.16. En dicha planilla se debe registrar, en la intersección de la fila correspondiente a cada mes con la columna de la estrategia considerada, la medida en cm de la porción del segmento del mes que cae en cada una de las estrategias.

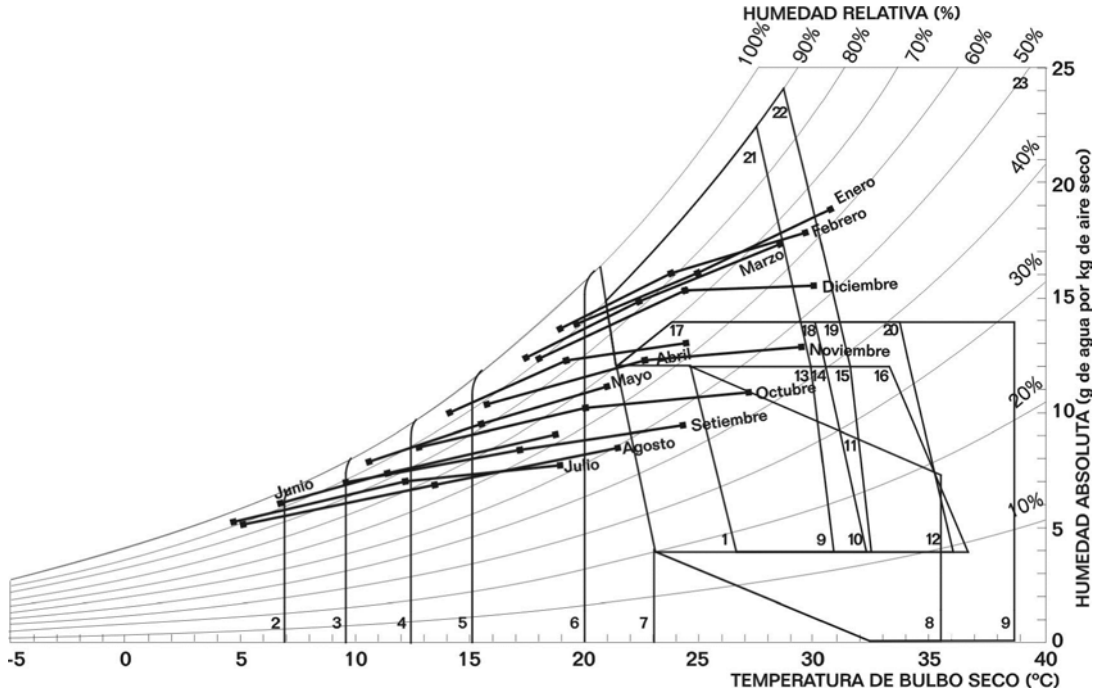


Fig. 12.15 Segmentos correspondientes a cada mes del año para Famaillá.

Mes	Estrategias de diseño										TOTAL
	1	3	4	5	6	7	17	21	22	23	mensual
Enero						0,27		2,61	0,51	0,48	3,87
Febrero					0,26	0,38		2,53	0,54		3,71
Marzo					0,70	0,39		2,35			3,44
Abril					1,68	0,41		1,38			3,47
Mayo			0,47	0,92	1,74	0,46					3,59
Junio		0,63	0,88	0,91	1,03						3,45
Julio		0,87	0,93	0,82	0,99						3,61
Agosto	0,22	0,3	0,88	0,86	1,59	0,59					4,44
Setiembre	0,89		0,57	0,85	1,64	0,56					4,51
Octubre	0,97				1,58	0,58	1,44				4,57
Noviembre					0,82	0,43	1,84	0,67			3,76
Diciembre					0,20	0,46		2,6	0,47	0,15	3,88
TOTAL anual	**2,08**	**1,80**	**3,73**	**4,36**	**12,23**	**4,53**	**3,28**	**12,14**	**1,52**	**0,63**	**46,3**
Porcentaje	**4**	**4**	**8**	**9**	**26**	**10**	**7**	**26**	**3**	**1**	**100**

Fig. 12.16 Planilla para la determinación de las estrategias de diseño de mayor incidencia para la localidad de Famaillá.

Luego de volcar las medidas de los segmentos en la planilla se debe calcular la medida total del segmento de cada mes y la sumatoria de la totalidad de los segmentos, la que representa el 100 %. En el ejemplo el 100 % es igual a 46,3 cm.

Posteriormente se calculan los valores porcentuales correspondientes a cada estrategia con respecto a la sumatoria final de los segmentos, empleando la medida total de cada estrategia en cm, que se registra en la penúltima fila de la tabla. En el ejemplo la estrategia 7 tiene 4,53 cm por lo tanto equivale al 10 % del total.

Las estrategias para el diseño bioclimático a adoptar en las distintas épocas del año serán las de mayor valor porcentual. En el ejemplo analizado las estrategias a adoptar para la condición de invierno son las 6 y 7 que corresponden a:

6: Calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano Norte en el mes más frío de 3700 W/m^2.

7: Calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano Norte en el mes más frío de 2800 W/m^2 e inercia térmica.

Para la condición de verano la estrategia de mayor incidencia es la 21 que corresponde a:

21: Ventilación natural y ventilación mecánica.

El listado de las estrategias de diseño para los distintos diagramas psicrométricos se

encuentran en el Apéndice 10. En el enunciado y la numeración de las diferentes zonas ya se ha tenido en cuenta la combinación de estrategias según la superposición de la zonificación descripta anteriormente.
Asimismo, el número de estrategias que se seleccionará dependerá del peso relativo que tenga cada una de ellas, siendo posible que las estrategias a aplicar en el diseño de un edificio en una determinada localidad sean, luego de realizado el análisis, 3 o 4 según su valor porcentual con relación a las demás.

Proceso de cálculo mediante programa computacional

Para agilizar y facilitar al proyectista la determinación de estrategias para una determinada localidad, es que se desarrolló, sobre la base de la metodología explicada anteriormente, un programa denominado CEEMAESTBIO.xls, el cual se encuentra en el disco que acompaña a este libro.

Este programa realiza la graficación de los segmentos correspondientes a los diferentes meses del año, mediante el ingreso de los valores de temperatura y humedad de la localidad de análisis.

El primer paso consiste en elegir el programa que corresponde a la altura sobre el nivel del mar más aproximado a la localidad que se desea analizar. Los programas tienen la siguiente correspondencia:
Para localidades cercanas a los 0 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO0000.xls.
Para localidades cercanas a los 500 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO500.xls.
Para localidades cercanas a los 1000 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO1000.xls.
Para localidades cercanas a los 1500 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO1500.xls.
Para localidades cercanas a los 2000 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO2000.xls.
Para localidades cercanas a los 2500 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO2500.xls.
Para localidades cercanas a los 3000 metros s.n.m. le corresponde ESTBIO3000.xls.

Una vez seleccionado el programa se debe proceder al ingreso de los datos, necesarios para el cálculo, en el primer sector de la pantalla como lo muestra la Fig. 12.17. Los datos a ingresar son los siguientes:

Estación: se ingresa el nombre de la localidad de análisis.

Altura sobre el nivel del mar: se ingresa la altura s.n.m. en metros de la localidad analizada.

Temperatura y humedad: para cada mes del año deben ingresarse los valores de temperatura mínima media, humedad relativa máxima, temperatura media, humedad relativa media, temperatura máxima media y humedad relativa mínima.
En el programa pueden visualizarse planillas auxiliares, en las cuales no deben ingresarse datos, ya que forman parte del proceso de cálculo del programa (Figuras 12.18 a 12.20).

Al final de la hoja de calculo puede observarse el diagrama psicrométrico con la zonificación de estrategias, en donde aparecen los segmentos correspondientes a los distintos meses del año para la localidad de análisis. En la Fig. 12.21 se puede observar un ejemplo de dicha gráfica para la localidad de S. M. de Tucumán.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT
DETERMINACION DE ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS MEDIANTE EL DIAGRAMA PSICROMETRICO

GRAFICO PARA LOCALIDADES CON ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR CERCANAS A:			500 m	
ESTACION	TUCUMAN AERO		ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR [m]:	450
TEMP.MAX.PROM.ANUAL	25.69		HUMEDAD REL.MIN.PROM.ANUAL	81.67
TEMP.MIN.PROM.ANUAL	14.09		HUMEDAD REL.MAX.PROM.ANUAL	63.17
TEMP.MED.PROM.ANUAL	19.34		HUMEDAD REL.MEDIA PROM.ANUAL	74.00

INGRESAR LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA INFERIOR

MESES	TEMPER. MINIMA MEDIA	HUMEDAD RELATIVA MAXIMA	TEMPER. MEDIA	HUMEDAD RELATIVA MEDIA	TEMPER. MAXIMA MEDIA	HUMEDAD RELATIVA MINIMA
ENE	20.20	83.00	25.30	75.00	31.30	62.00
FEB	19.20	85.00	24.20	77.00	30.20	61.00
MAR	18.00	89.00	22.20	83.00	27.70	73.00
ABR	15.10	89.00	19.10	84.00	24.40	80.00
MAY	11.00	86.00	15.50	81.00	21.20	79.00
JUN	7.60	84.00	12.20	80.00	18.20	70.00
JUL	6.80	79.00	12.10	74.00	19.10	64.00
AGO	8.60	79.00	14.70	66.00	22.50	55.00
SET	10.60	73.00	17.10	63.00	24.50	55.00
OCT	15.10	72.00	21.60	62.00	29.00	51.00
NOV	17.50	81.00	23.20	70.00	29.60	48.00
DIC	19.40	80.00	24.90	73.00	30.80	60.00
PROMED.	14.09	81.67	19.34	74.00	25.69	63.17

Fig. 12.17 Planilla para el ingreso de datos en el programa ESTBIO500.xls. En el sector grisado se ingresan los datos de la localidad de análisis.

VALORES MINIMOS, MEDIOS Y MAXIMOS DE TEMPERATURA Y VAPOR DE AGUA

	LOS VALORES DE LAS TABLAS DE ABAJO SE CALCULAN AUTOMATICAMENTE						
	20.20	25.30	31.30		6.80	12.10	19.10
ENE	12.93	16.16	19.47	JUL	5.24	6.93	9.30
	19.20	24.20	30.20		8.60	14.70	22.50
FEB	12.43	15.47	17.89	AGO	5.92	7.27	9.92
	18.00	22.20	27.70		10.60	17.10	24.50
MAR	12.07	14.69	18.31	SET	6.22	8.07	11.26
	15.10	19.10	24.40		15.10	21.60	29.00
ABR	10.06	12.21	16.28	OCT	8.14	10.56	13.88
	11.00	15.50	21.20		17.50	23.20	29.60
MAY	7.51	9.39	13.12	NOV	10.64	13.20	13.56
	7.60	12.20	18.20		19.40	24.90	30.60
JUN	5.88	7.54	9.61	DIC	11.85	15.34	18.04

Fig. 12.18 Primera planilla auxiliar para la determinación de los segmentos correspondientes a la localidad analizada con el programa ESTBIO500.xls.

Las referencias de las zonas correspondientes a las estrategias y de los segmentos mensuales pueden leerse al pie del dibujo y se distinguen con diferentes tipos de líneas.

La medición de los segmentos y la determinación de los porcentajes correspondientes a cada zona deben realizarse manualmente como se describió anteriormente.

VALORES DE EXTREMOS DE LAS ZONAS DE ESTRATEGIAS BIOAMBIENTALES

LOS VALORES DE LAS TABLAS DE ABAJO SE CALCULAN AUTOMATICAMENTE										
POLO Y ZONA DE CONFORT										
POLO CONF.	TI.EN 12GKG	TP.EN 12GKG	TS.EN 12GKG	TI.EN POLO	TP.EN POLO	TS.EN POLO	TI.EN 4 GKG	TP.EN 4 GKG	TS.EN 4 GKG	g/Kg 12
23.60	21.28	23.03	24.78	21.85	23.60	25.35	23.20	24.95	26.70	2.34
INERCIA O MASA TERMICA						INERCIA O MASA TERMICA Y VENT.NOCTURNA				
TI.EN 12 GKG	TI.EN 14 GKG	TS.EN 12 GKG	TS. EN 14GKG	TI.EN 4 GKG	TS.EN 4 GKG	TI.EN 14 GKG	TS.EN 14 GKG	TI.EN 4 GKG	TS.EN 4 GKG	PEND.
21.28	24.30	30.10	29.62	26.70	32.50	30.10	33.58	32.50	35.98	0.56
VENT.NATURAL 1 M/S										
TS.EN 12 GKG	GKG EN 90HR	LINEA VEN	TS 90HR	GKG TS	GKG 90 HR	LINEA VEN	TI 90HR	GKG TS	TS 4GKG	
28.78	23.84	9.20	26.64	20.94	15.70	2.87	20.61	14.80	29.79	
VENT.MECANICA 1,5 M/S										
TS.EN 12 GKG	GKG EN 90HR	LINEA VEN	TS 90HR	GKG TS	TI 90HR	TS 4GKG				
31.78	28.52	12.99	28.75	24.63	20.61	32.79				
ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO DIRECTO					ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO INDIRECTO					
TI 4GKG	TI EN 0GKG	TS EN 0GKG	TI EN 12GKG	GKG EN TS 0GKG	TI 4GKG	TI EN 0GKG	TS EN 0GKG	TI EN 12GKG	TI EN 14GKG	TS EN 14GKG
23.20	31.78	35.60	24.78	6.96	23.20	31.78	38.60	21.28	23.38	38.60
CAL.PASIVA >2500 W					>3000 W					
TI EN 0GKG	TS EN 90HR	GKG EN TS	TS EN 100HR	GKG EN TS	TI EN 0GKG	TS EN 90HR	GKG EN TS	TS EN 100HR	GKG EN TS	
14.52	14.52	9.66	15.02	11.09	12.71	12.71	8.58	13.21	9.85	
>3500 W					>4000 W					
TI EN 0GKG	TS EN 90HR	GKG EN TS	TS EN 100HR	GKG EN TS	TI EN 0GKG	TS EN 90HR	GKG EN TS	TS EN 100HR	GKG EN TS	
10.89	10.89	7.66	11.39	8.77	9.08	9.08	6.89	9.58	7.87	
>4500 W					>5000 W					
TI EN 0GKG	TS EN 90HR	GKG EN TS	TS EN 100HR	GKG EN TS	TI EN 0GKG	TS EN 90HR	GKG EN TS	TS EN 100HR	GKG EN TS	
7.26	7.26	5.93	7.76	7.07	5.45	5.45	5.49	5.95	6.08	

Fig. 12.19 Segunda planilla auxiliar para la determinación de los segmentos correspondientes la localidad analizada con el programa ESTBIO500.xls.

ORDENAMIENTO DE SERIES PARA CONSTRUCCION DE ZONAS DE ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS

LOS VALORES DE LAS TABLAS DE ABAJO SE CALCULAN AUTOMATICAMENTE										
	21.28	24.78	24.78	26.70	26.70	23.20	23.20	21.28		
ZONA CONF.	12.00	12.00	12.00	4.00	4.00	4.00	4.00	12.00		
	21.28	24.30	24.30	29.62	29.62	32.50	32.50	23.20	23.20	21.28
MASA TERM.	12.00	14.00	14.00	14.00	14.00	4.00	4.00	4.00	4.00	12.00
	21.28	24.30	24.30	33.58	33.58	35.98	35.98	23.20	23.20	21.28
M.T.C/VENT.NOCT.	12.00	14.00	14.00	14.00	14.00	4.00	4.00	4.00	4.00	12.00
	21.28	20.61	20.61	26.64	26.64	28.78	28.78	29.79	29.79	23.20
VENT.NAT.	12.00	14.80	14.80	20.94	20.94	12.00	12.00	4.00	4.00	4.00
	21.28	20.61	20.61	26.64	26.64	28.75	28.75	31.78	31.78	32.79
VENT.MEC.	12.00	14.80	14.80	20.94	20.94	24.63	24.63	12.00	12.00	4.00
	24.78	35.60	35.60	35.60	35.60	31.78	31.78	23.20		
ENF.EVA.DIR.	12.00	6.96	6.96	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00		
	21.28	23.38	23.38	38.60	38.60	38.60	38.60	31.78	31.78	23.20
ENF.EVA.INDIR.	12.00	14.00	14.00	14.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
	14.52	14.52	15.02							
CAL.SOL.PAS>2500	0.00	9.66	11.09							
	12.71	12.71	13.21							
CAL.SOL.PAS>3000	0.00	8.58	9.85							
	10.89	10.89	11.39							
CAL.SOL.PAS>3500	0.00	7.66	8.77							
	9.08	9.08	9.58							
CAL.SOL.PAS>4000	0.00	6.89	7.87							
	7.26	7.26	7.76							
CAL.SOL.PAS>4500	0.00	5.93	7.07							
	5.45	5.45	5.95							
CAL.SOL.PAS>5000	0.00	5.49	6.08							
	23.20	23.20	23.20	35.98	35.98	35.98				
HUMIDIFIC.	0.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00				

Fig. 12.20 Tercera planilla auxiliar para la determinación de los segmentos correspondientes a la localidad analizada con el programa ESTBIO500.xls.

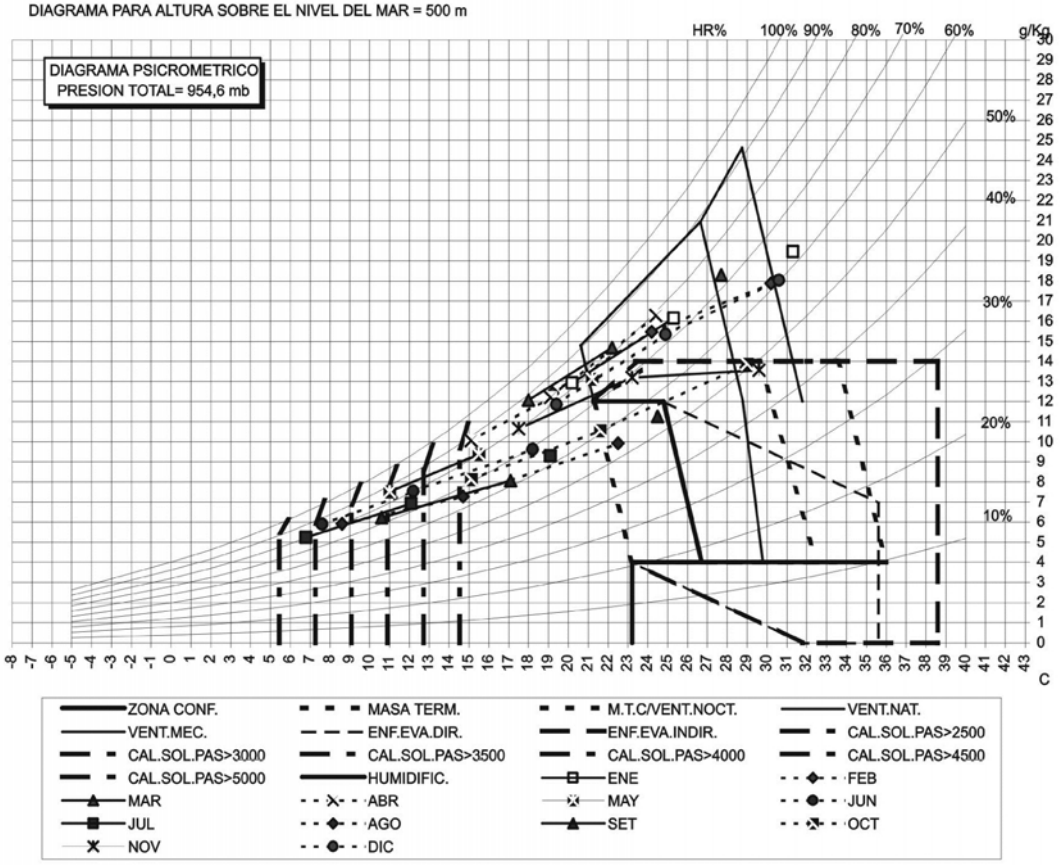


Fig. 12.21 Diagrama psicrométrico con los segmentos mensuales para la localidad analizada generado por el programa ESTBIO500.xls.

Ejemplos de determinación de estrategias de diseño para diferentes localidades

El procedimiento para la determinación de estrategias de diseño con el diagrama psicrométrico, es un método que le permite al proyectista evaluar rápidamente cuales serán las principales decisiones de diseño que debe adoptar para una situación climática particular, no siendo necesario contar con una cantidad compleja de datos ni con la observación vivencial durante un plazo de tiempo largo del lugar en donde se ubicará el edificio.

El análisis de distintos tipos de clima y situaciones de diseño con esta metodología, permite que, cada vez con mayor celeridad y precisión, se pueda llegar a un conocimiento bioclimático que posibilite la adecuación de todos y cada uno de los elementos de diseño a las condiciones particulares del clima.

Con la finalidad de comparar las estrategias de diseño que se pueden obtener con esta metodología, se analizan a continuación diferentes situaciones climáticas de la República Argentina. Si bien nuestro territorio posee una gran variedad de climas, se han considerado, a los efectos de ejemplificar las posibilidades que brinda éste método, tres localidades cuyos climas poseen características muy diferentes. Los climas considerados fueron:

- Trelew: localidad donde predominan las bajas temperaturas durante la totalidad del año.
- Formosa: localidad que presenta una elevada temperatura y altos índices de humedad.
- Chamical: localidad ubicada a una elevada altura sobre el nivel del mar y que presenta gran alternancia térmica y bajos niveles de humedad.

Fig. 12.22 Ubicación de localidades analizadas.

Mes	Estrategias de diseño									TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	mensual
Enero	0,44					0,35	0,49	1,33	0,52	3,13
Febrero	0,53					0,42	0,46	1,33	0,46	3,20
Marzo				0,05	0,45	0,47	0,44	1,36	0,28	3,05
Abril			0,20	0,46	0,45	0,48	0,44	0,45		2,48
Mayo		0,37	0,43	0,48	0,48	0,10				1,86
Junio		0,81	0,43	0,25						1,49
Julio		1,05	0,43	0,14						1,62
Agosto		0,50	0,42	0,47	0,42					1,81
Setiembre		0,28	0,42	0,46	0,47	0,44	0,46	0,96		3,49
Octubre			0,24	0,42	0,49	0,45	0,45	0,94		2,99
Noviembre					0,51	0,45	0,46	1,29	0,40	3,11
Diciembre	0,31				0,15	0,45	0,46	1,30	0,53	3,20
TOTAL anual	1,28	3,01	2,57	2,73	3,42	3,61	3,66	8,96	2,19	31,43
Porcentaje	4	10	8	9	11	11	12	29	7	100

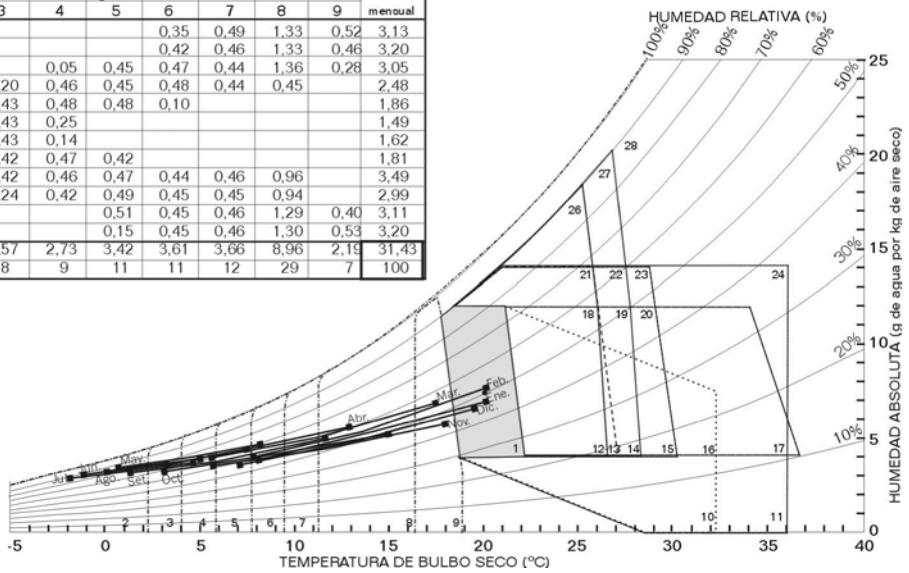


Fig. 12.23 Diagrama psicrométrico y estrategias de diseño para Trelew.

Mes	Estrategias de diseño									TOTAL
	1	5	6	7	8	9	22	26	27	28	mensual
Enero								2,26	0,47	0,66	2,73
Febrero						0,06		2,50	0,57	0,47	3,13
Marzo					0,11	0,56		2,25	0,55		3,47
Abril					0,77	0,46		1,63			2,86
Mayo				0,33	1,35	0,48		0,66			2,82
Junio		0,18	0,50	0,45	1,42	0,32					2,87
Julio		0,09	0,47	0,43	1,30	0,55					2,84
Agosto	0,58		0,12	0,45	1,32	0,54					3,01
Setiembre	0,26			0,47	1,36	0,50	0,55				3,14
Octubre	0,63				0,98	0,49	1,13				3,23
Noviembre					0,32	0,48	1,25	0,95	0,17		3,17
Diciembre	0,18						1,10	0,95	0,46	0,27	2,69
TOTAL anual	1,65	0,27	1,09	2,13	8,93	4,44	4,03	11,20	2,22	1,40	35,96
Porcentaje	5	1	3	6	25	12	11	31	6	4	100

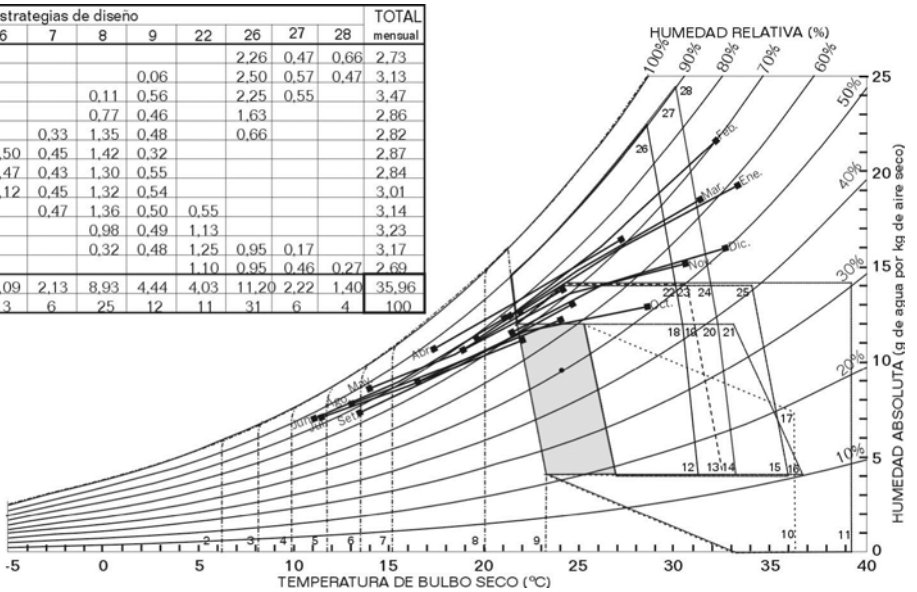


Fig. 12.24 Diagrama psicrométrico y estrategias de diseño para Formosa.

Mes	Estrategias de diseño															TOTAL
	1	3	4	5	6	7	8	9	12	18	19	22	25	26	27	mensual
Enero	0,31							0,28				1,21	0,63	0,43	0,88	3,74
Febrero							0,11	0,35				1,45	0,62	0,42	0,36	3,31
Marzo	0,25						0,59	0,36				1,52	0,31			3,03
Abril	0,64					0,13	1,43	0,39				0,39				2,98
Mayo				0,29	0,47	0,50	1,45	0,37								3,08
Junio		0,43	0,42	0,48	0,46	0,52	0,84									3,15
Julio		0,56	0,44	0,49	0,41	0,49	0,82									3,21
Agosto			0,39	0,45	0,47	0,48	1,36	4,25								7,40
Setiembre	0,34			0,28	0,46	0,48	1,36	0,73								3,65
Octubre	0,88						1,29	0,64	0,82							3,63
Noviembre	0,88						0,62	0,47	0,64	0,52	0,42					3,55
Diciembre	0,82							0,48				1,21		0,48	0,86	3,85
TOTAL anual	4,12	0,99	1,25	1,99	2,27	2,6	9,87	8,3	1,46	0,5	0,42	5,8	1,56	1,33	2,1	44,58
Porcentaje	9	2	3	4	5	6	22	19	3	1	1	13	3	3	5	100

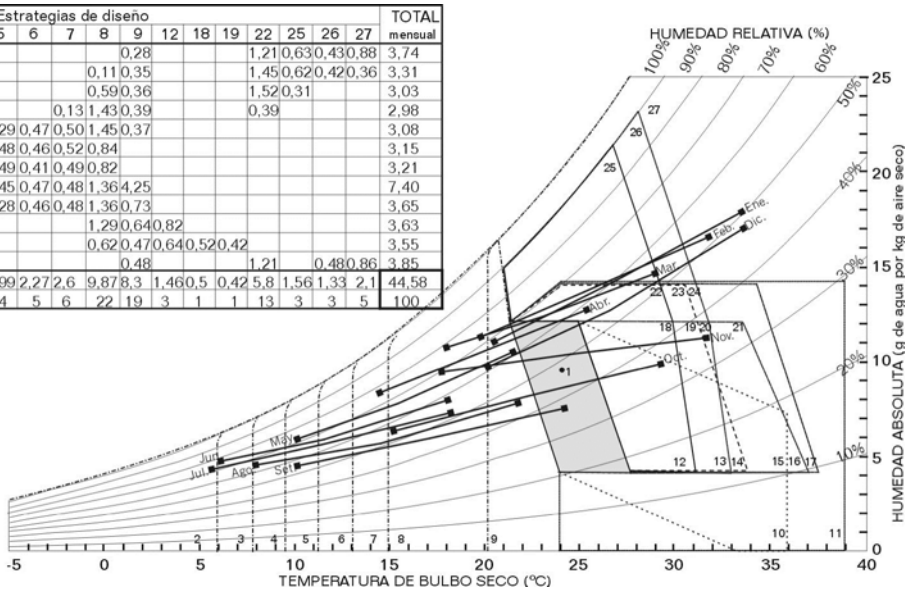


Fig. 12.25 Diagrama psicrométrico y estrategias de diseño para Chamical.

Se puede observar que en los tres ejemplos analizados, las estrategias obtenidas son diferentes.

Para la localidad de Trelew las estrategias obtenidas de mayor incidencia porcentual son las siguientes:

Para invierno la 2: Calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano Norte en el mes más frío de más de 5000 W/m^2 y calefacción convencional.

Para verano la 8: Calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano Norte en el mes más frío de 2500 W/m^2

En esta localidad, cuyo clima es predominantemente frío, las estrategias de diseño se deben orientar al máximo aprovechamiento de la radiación solar para la calefacción solar pasiva a fin incrementar la ganancia de calor a través de la envolvente. Se deben tomar todos los recaudos necesarios para la aplicación de sistemas de calefacción.

Para la localidad de Formosa las estrategias obtenidas de mayor incidencia porcentual son las siguientes:

Para invierno la 8: Calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano Norte en el mes más frío de 2500 W/m^2

Para verano la 26: Ventilación natural.

En esta localidad cuya característica climática es predominantemente cálido-húmeda, las estrategias de diseño deben orientarse a obtener el máximo aprovechamiento de la ventilación natural para producir un refrescamiento sensible en las personas y un enfriamiento estructural del edificio.

Para la localidad de Chamical las estrategias obtenidas de mayor incidencia porcentual son las siguientes:

Para invierno la 8: Calefacción solar pasiva con ganancia de radiación solar sobre el plano Norte en el mes más frío de 2500 W/m^2

Para verano la 22: Inercia térmica, ventilación natural y enfriamiento evaporativo indirecto.

En esta localidad, cuya característica climática es predominantemente templada-seca, las estrategias de diseño se deben orientar al uso de materiales con inercia térmica, al aprovechamiento de la ventilación natural principalmente en las horas nocturnas y a la aplicación de sistemas de enfriamiento evaporativo indirecto.

Otros métodos para la determinación de estrategias de diseño

Además del método del diagrama psicrométrico, existen otros que permiten encontrar estrategias de diseño en función de los datos climáticos de una localidad determinada.

Si bien algunos de éstos métodos son más limitados en cuanto a los resultados obtenidos y otros más complejos en su metodología de análisis, permiten inferir pautas que pueden completar la información requerida para el diseño bioclimático en una determinada localidad.

Método de MAHONEY

Es un método que permite encontrar pautas características para climas templado-húmedo o cálido-seco, debiendo adecuarse su utilización para climas compuestos (Mahoney, 1997).

Para la aplicación de esta metodología se utilizan diferentes tablas en las cuales se van volcando datos climáticos promedios del lugar de análisis y sobre la base de los diferentes índices que se encuentran se pasa a pautar características generales y particulares de diseño.

Si bien se ha realizado un programa de computación que permite obtener las pautas de diseño, que se adjunta en Apéndice 5, (Gonzalo, 1989, 2002), explicaremos los pasos a seguir para obtener en forma manual estos resultados.

Se consignan los datos del lugar en cuanto a situación, nombre del lugar, longitud, latitud y altura sobre el nivel del mar. Este último dato es muy importante pues nos permitirá inferir algunas condicionantes específicas.

Situación:	La Cocha - Tucumán
Longitud:	65º 34´WG
Latitud:	27º 47´S
Altitud:	445 SNM

Fig. 12.26 Tabla de situación.

TABLA 1: en esta tabla, que se puede observar en la Fig. 12.27, se registran los datos climáticos para los distintos meses de año de la siguiente manera:

Temperatura del aire: se colocan los valores de temperatura del aire máximos medios y mínimos medios mensuales, conforme a los registros que entregan las estaciones meteo-

rológicas y para un período de por lo menos 10 años. Luego se restan los valores para cada mes y se escribe la diferencia media mensual en los casilleros de la tercera fila.

En las cuatro casillas de la derecha se colocan los valores de la temperatura más alta del año (en el ejemplo la de Enero), la más baja (en el ejemplo la de Julio), la temperatura media anual (TMA) que sale de sumar estos dos valores y dividirlos en dos y la diferencia máxima de las medias anual (DMA) que es la resta del valor máximo medio más alto y el mínimo medio más bajo.

Humedad relativa: se indica para cada mes el valor de la humedad relativa máxima media mensual por la mañana, la mínima media mensual por la tarde y el valor medio. En caso de no disponer de los tres datos, como ocurre frecuentemente, se llenan los casilleros para el valor medio o se los encuentra en forma aproximada mediante el diagrama psicrométrico, y se caracteriza el grupo de humedad según las siguientes escalas:

1: corresponde a valores de humedad relativa menor al 30%

2: corresponde a valores de humedad relativa entre 30% y 49.5%

3: corresponde a valores de humedad relativa entre 50% y 69.5%

4: corresponde a valores de humedad relativa superiores al 70%

Lluvia: se coloca para cada mes el promedio de lluvia caída en el lugar en el período considerado y su valor se expresa en milímetros. En caso de ser una zona muy lluviosa se deberá considerar, además, el índice de lluvia torrencial que indicáramos anteriormente, así como los valores horarios de lluvia máxima absoluta de todo el período.

El total de agua de lluvia que se coloca en el casillero de la derecha es la sumatoria de los valores mensuales.

Viento: Los vientos se indican para cada mes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura del aire °C												
Máxima mensual media	33,2	31,9	28,3	25,3	22,9	20,1	20,5	23,3	26,4	28,8	31,1	33,2
Mínima mensual media	18,8	18,1	16,5	13,2	9,8	5,9	4,8	6,0	9,6	13,2	16,2	18,1
Diferencia media mensual	14,4	13,8	11,8	12,6	13,1	14,2	15,7	17,3	16,8	15,6	14,9	15,1
Humedad relativa (%)												
Máxima media mes (por la mañana)	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc
Mínima media mes (por la tarde)	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc	desc
Valor medio	64	70	76	78	79	79	69	58	55	58	59	58
Grupo de humedad	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Lluvias (mm)												
Agua de lluvia	120	104	161	63	22	14	8	37	88	69	56	85
Vientos (frecuencias en escala de 1000)												
Viento dominante	NS	S	S	S	SW	SW	SW	SW	S	N	S	NW
Viento secundario	W	N	SW	SW	NS	N	S	S	SW	S	SE	N

Alta	Baja
33,2	4,8

TMA	DMA
19	28,4

Total
715

Fig. 12.27 Tabla 1 del método de Mahoney.

TABLA 2: Mediante esta tabla, que puede observarse en la Fig. 12.28, se establece el diagnóstico del clima y su llenado responde a los siguientes pasos:

Temperatura máxima media mensual: en la fila 1 se colocan nuevamente los valores de temperatura del aire máximos medios mensuales que ya se utilizaron en la tabla 2.

En el casillero de la derecha de esta fila se coloca el valor de temperatura media anual (TMA) de la misma tabla.

Temperatura mínima media mensual: se colocan los mismos valores de la tabla 2 en la fila 4.

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	Máxima media mensual	33,2	31,9	28,3	25,8	22,9	20,1	20,5	23,3	26,4	28,8	31,1	33,2
2	Confort diurno superior	28	25	25	25	25	25	28	29	28	28	28	28
3	Confort diurno inferior	21	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21
4	Mínima media mensual	18,8	18,1	16,5	13,2	9,8	5,9	4,8	6,0	9,6	13,2	16,2	18,1
5	Confort nocturno superior	21	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21
6	Confort nocturno inferior	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
7	Solicitac. térmica diurna	C	C	C	C	-	-	F	-	-	C	C	C
8	Solicitac.térmica nocturna	-	-	-	F	F	F	F	F	F	F	-	-
	INDICADORES												
1	Húmedo H1		●										
2	Húmedo H2												
3	Húmedo H3	●											
4	Seco A1												
5	Seco A2												
6	Seco A3												

T.M.A.	19

Fig. 12.28 Tabla 2 del método de Mahoney.

Luego se encuentran los valores de confort diurno y nocturno superior e inferior a fin de llenar las filas 2, 3, 5 y 6, los cuales se obtienen de la Fig. 12.29 ingresando con el grupo de humedad relativa correspondiente a cada mes (de tabal 1) y con la temperatura media anual (TMA).

TMA	Confort		Grupo de humedad relativa			
			1	2	3	4
Mayor a 20ºC	Diurno	Superior	34	31	29	27
		Inferior	26	25	23	22
	Nocturno	Superior	25	24	23	21
		Inferior	17	17	17	17
Entre 15ºC y 20ºC	Diurno	Superior	32	30	28	25
		Inferior	23	22	21	20
	Nocturno	Superior	23	22	21	20
		Inferior	14	14	14	14
Menor a 14,5ºC	Diurno	Superior	30	27	26	24
		Inferior	21	20	19	18
	Nocturno	Superior	21	20	19	18
		Inferior	12	12	12	12

Fig. 12.29 Tabla con valores de confort diurno y nocturno.

Conforme a los valores que se hayan obtenido se comparan los límites de confort diurno superior e inferior de filas 2 y 3 con los de temperatura máxima media de fila 1.

Luego los límites de confort nocturno superior e inferior de fila 5 y 6 con los de temperatura mínima media mensual de fila 4.

Se establecen entonces en las solicitaciones térmicas diurnas y nocturnas mensuales según estas comparaciones sean:

C (calor): si la media está por encima del límite superior.

- (confort): si la media está entre los límites.

F (frío): si la media está por debajo del límite inferior.

Estas siglas que indican la naturaleza de las solicitaciones climáticas mensuales para el día y la noche se las escribe en las filas 7 y 8.

Indicadores: agrupan los distintos índices que expresan las variables climáticas e indican las posibles respuestas de diseño que se pueden utilizar para adecuarse a las mismas.

Para su llenado se utilizan los valores de grupo de humedad, agua de lluvia y diferencia media mensual de temperatura de tabla 2 y las solicitaciones térmicas diurnas y nocturnas de tabla 2, efectuándose una marca en el casillero correspondiente cuando esta serie de valores coinciden con el siguiente grupo de condiciones:

H1 (indicador húmedo) = "movimiento de aire esencial": corresponde este indicador cuando la solicitación térmica diurna es de calor y el grupo de humedad es igual a 4 o cuando tengamos la misma solicitación térmica y el grupo de humedad sea 2 o 3 con una diferencia media mensual inferior a 10 ºC.

- Solicitación térmica diurna = Calor (C)
- Grupo de humedad = 4

o bien:

- Solicitación térmica diurna = Calor
- Grupo de humedad = 2 o 3
- Diferencia media mensual = 10ºC

H2 (indicador húmedo 2) = "movimiento de aire deseable": corresponde este indicador cuando la solicitación térmica diurna es de confort y el grupo de humedad del mes es igual a 4.

- Solicitación térmica diurna = Confort (-)
- Grupo de humedad = 4

H3 (indicador húmedo 3) = "resguardo lluvia: necesario": corresponde este indicador cuando el valor mensual de lluvia sea superior a 200 mm.

- Agua lluvia mes = 200 mm

A1 (indicador seco 1)= "capacidad térmica: necesaria": corresponde este indicador (fila 4) cuando en el mes considerado el grupo de humedad sea igual a 1, 2 o 3 y la diferencia de temperatura media mensual tenga un valor superior a 10 C.

- Grupo de humedad = 1-2-3
- Diferencia temp. media mensual >10 ºC

A2 (indicador seco 2) = "dormitorios exteriores: deseables": corresponde este indicador cuando la solicitación térmica nocturna es de calor y el grupo de humedad 1 o 2 o cuando se dan simultáneamente solicitaciones diurnas de calor y nocturnas de confort con grupo de humedad de 1 o 2 y diferencia media mensual mayor a 10 ºC.

- Solicitación Térmica Nocturna = Calor (C)
- Grupo de humedad = 1 o 2

o bien:

- Solicitación Térmica Diurna= Calor (C)
- Solicitación Térmica Nocturna = Confort (-)
- Grupo de humedad = 1 o 2
- Diferencia temp. media mensual >10 ºC

A3 (indicador seco 3) = "protección contra el frío": corresponde este indicador para el mes en que la solicitación térmica diurna sea de frío.

- Solicitación Térmica Diurna= Frío (F)

TABLA 3: Pautas generales

En la tabla 3, la cual se puede observar en la Fig. 12.30, se colocan primero la sumatoria de los indicadores húmedos y secos obtenidos en la tabla 2 y cuyos valores estaban totalizados a la derecha de cada fila. Luego se comienzan a comparar estos indicadores con los valores para cada especificación que indica la tabla 3 y, donde el valor del indicador coincide con éstos, se coloca una marca frente al encabezamiento de la especificación.

Como sólo puede haber una marca en cada encabezamiento se dará preferencia a la primera que se establezca conforme a considerar los valores de la tabla de izquierda a derecha. En algunos casos esta primera coincidencia determinará dos encabezamientos, debiéndose entonces continuar hacia la derecha para obtener el definitivo.

TABLA 4: Recomendaciones de detalles

Con esta tabla, que se muestra en la Fig. 12.31, se procede en forma similar que con la anterior, sabiendo que las recomendaciones que se refieran a una misma característica se excluyen mutuamente y que, por lo tanto, sólo puede haber un apartado recomendado bajo cuatro de las seis características con excepción de las de protección de las aberturas y características externas. Si existen discrepancias entre los valores encontrados en las tablas 3 y 4 deberemos tomar los de esta última como válidos.

Totales indicadores tabla 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
3	2	7	0	0	1
			0 y 1		0
					1 a 12
			2 a 5		
			6 a 10		
			11 y 12		0 a 3
					4 a 12
3 a 12					
1 y 2			0 a 5		
			6 a 12		
0	2 a 12				
					0 a 2
		2 a 12			
			0 a 12		
			3 a 12		
10 a 12			0 a 12		
			3 a 12		
0 a 9			0 a 5		
				1 a 12	
		1 a 12			

Pautas generales		
Marca	Número	Tema
	1	Distribución
●		
	2	
	3	Separación
●	4	
	5	
●	6	Movimiento de aire
	7	
	8	
●	9	Aberturas
	10	
	11	
●	12	Paredes
	13	
●	14	Techos
	15	
	16	Dormitorios exteriores
●	17	Resguardo lluvia

Fig. 12.30 Tabla 3 del método de Mahoney: Pautas generales.

Totales indicadores tabla 2					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
3	2	7	0	0	1
			0 y 1		0
					1 a 12
			2 a 5		
			6 a 10		
			11 y 12		0 a 3
					4 a 12
3 a 12					
1 y 2			0 a 5		
			6 a 12		
0	2 a 12				
					0 a 2
		2 a 12			
			0 a 12		
			3 a 12		
10 a 12			0 a 12		
			3 a 12		
0 a 9			0 a 5		
				1 a 12	
		1 a 12			

Recomendaciones de detalle		
Marca	Número	Tema
●	1	Tamaño aberturas
	2	
	3	
●	4	
	5	
●	6	Posición aberturas
	7	
	8	
●	9	Protección aberturas
	10	Paredes suelos
	11	
●	12	Techos
	13	
●	14	
	15	Características externas
●	16	

Fig. 12.31 Tabla 4 del método de Mahoney: Recomendaciones de detalles.

Textos de las pautas generales

Distribución 1: Se recomienda orientar los edificios según un eje Este - Oeste dando al Norte y al Sur las alturas mayores para reducir la exposición al sol.

Distribución 2: Los edificios se deben planear alrededor de pequeños patios si se necesita almacenamiento térmico la mayor parte del año, es decir, cuando es dominante la estación cálida - seca.

Separación 3: Los edificios deben estar muy separados para que haya penetración de la brisa y como guía aproximada el espacio entre largas filas de edificios no debe ser menor que 5 veces la altura.

Separación 4: Si solo hace falta penetración del viento en una parte del año se deben separar los edificios para que haya penetración de la brisa pero hay que prever una protección contra los vientos fríos o cálidos polvorientos (ver guía de vientos de tabla 1).

Separación 5: Se recomienda un planteo compacto si es poca la necesidad de movimiento del aire.

Movimiento de aire 6: Las habitaciones deben estar en una sola fila, con ventanas en las paredes Norte y Sur para asegurar el movimiento del aire mediante amplia ventilación cruzada.

Movimiento de aire 7: Las habitaciones pueden estar en dos filas, pero se debe permitir la ventilación cruzada temporal (por ejemplo puertas de comunicación grandes). Si el viento no es seguro de obtener se aconseja poner ventiladores en techos y disponer cielorrasos con alturas mayores a 2,7 m.

Movimiento de aire 8: Si no es esencial el movimiento del aire y solo es preciso para no más de un mes, las habitaciones deben estar en dos filas y no es muy necesaria la ventilación cruzada.

Aberturas 9: Deben ser grandes, entre el 40 y el 80% de las paredes Norte y Sur. No hace falta que estén completamente acristaladas, pero deben estar protegidas del sol directo y difuso, y de la lluvia.

Aberturas 10: Deben ser muy pequeñas con menos del 20% de la superficie de la pared.

Aberturas 11: Deben tener un tamaño medio, entre el 20% y el 40% de la superficie de la pared. Las aberturas en la pared Este son aconsejables cuando la temporada fría es larga. En paredes Oeste se aconsejan para climas fríos o frescos, en el trópico no se admiten.

Paredes 12: Paredes externas ligeras con capacidad térmica baja, con dos subtipos:

a.) Paredes internas ligeras donde se den condiciones cálidos secas y diferencia de temperatura media anual mayor de 20 ºC.

b.) Paredes internas pesadas con condiciones cálidos secas y diferencia de temperatura media anual mayor de 20 ºC.

Paredes 13: Tanto las paredes externas como las internas deben ser pesadas y macizas.

Techos 14: Se recomienda un techo liviano pero bien aislado con capacidad térmica baja.

Techos 15: Se recomienda un techo pesado, con capacidad térmica importante y con un retardo de 8 horas como mínimo.

Dormitorios exteriores 16: Se necesita espacio para dormitorios al exterior, con balcones o hacia patios, de manera que los durmientes estén expuestos a la zona más fría del cielo (Cenit) para aumentar la pérdida de calor por radiación.

Resguardo lluvia 17: Se necesitan medidas de protección especial si la lluvia es frecuente y copiosa, tal como galerías profundas, salientes amplias y corredores cubiertos.

TABLA 4: Textos de las pautas de detalles

Tamaño aberturas 1: Grandes, 40 a 80% del área de pared. Aplicable cuando el almacenamiento térmico se necesita no más de un mes (A1) y no hay estación fría (A3).

Tamaño aberturas 2: Medio, 25 a 40% del área de pared. Aplicable cuando el almacenamiento térmico se necesita no más de un mes y hay estación fría o si se necesita almacenamiento térmico de 2 a 5 meses.

Tamaño aberturas 3: Pequeñas, 15 a 25% del área de pared. Aplicable cuando el almacenamiento térmico se necesita de 6 a 10 meses.

Tamaño aberturas 4: Muy pequeñas, 10 a 20% del área de pared. Aplicable cuando el almacenamiento térmico se necesita casi todo el año (11-12 meses) y la estación fría no es superior a 3 meses.

Tamaño aberturas 5: También se recomiendan aberturas de tamaño medio cuando se requiere almacenamiento térmico durante todo el año y se desee el ingreso solar durante una estación fría de más de 4 meses.

Posición aberturas 6: Las aberturas deben estar colocadas de modo que la brisa incida directamente sobre los ocupantes y orientadas preferentemente al Norte y Sur, pero en este caso la dirección del viento predomina sobre la orientación solar.

Posición aberturas 7: Las habitaciones pueden estar en dos frentes, disponiendo en las paredes interiores aberturas adecuadas, y en este caso la orientación solar óptima debe prevalecer sobre la dirección de los vientos.

Protección aberturas 8: Se recomienda exclusión total de la radiación solar todo el año, si la estación fría es menor a 2 meses. Si la estación fría es mayor debe admitirse el soleamiento durante el período frío.

Protección aberturas 9: Se necesita protección de las aberturas contra la penetración de la lluvia, debiendo tener cuidado en que estas protecciones no dificulten la ventilación natural deseable.

Paredes suelos 10: Cuando A1 = 2 meses o menos se recomienda estructura liviana, mediante paredes delgadas o con huecos mayores al 40% y superficies exteriores reflejantes.

Paredes suelos 11: Cuando se necesita almacenamiento térmico más de 2 meses se aconseja una estructura pesada (por ej. ladrillos, hormigón, adobe sólido de 30 cm) y aislación al exterior.

Techos 12: Se aconseja un techo liviano con retardo inferior a 3 horas, superficie reflectora y buen aislamiento, cámara de aire y coeficiente K inferior a 1 $W/m^{2o}K$.

Techos 13: Se aconseja un techo liviano con muy buen aislamiento y K menor de 0.8 $W/m^{2o}K$ (por ej. cubierta reflejante y cámara aire con cielorraso con 25 mm de aislación y superficie reflejante superior).

Techos 14: Se aconseja un techo macizo con tiempo de retardo superior a 8 horas. Si se usan espesores bajos se aconseja el aislamiento por la parte exterior.

Características externas 15: Se aconseja disponer de un espacio para dormir hacia el exterior, o directamente al exterior (balcones, patios, azoteas).

Características externas 16: Se necesitan medidas especiales para desaguar techos y evitar la acumulación de aguas por falta de pendientes adecuadas. Se deben sobredimensionar las bajadas pluviales.

Si bien este método establece solamente algunas guías generales para aplicar a nivel de anteproyecto, consideramos que es muy útil y su aplicación fue realizada en múltiples simulaciones y propuestas de diseño que efectuamos con nuestros alumnos desde el año 1979 (Gonzalo, 1989), lo cual nos permite aconsejarlo ya que facilita elecciones globales que protejan la resolución final de un proyecto de tener gruesos errores bioclimáticos frente a las condiciones meteorológicas de una localidad.

Determinación rápida de las condiciones de calor, confort y frío

Para ubicarse rápidamente con las condiciones bioclimáticas de una localidad determinada, se realizó un programa de computación (Gonzalo, 1989, 2002) que permite determinar las condiciones horarias de calor, confort o frío, para todos los meses del año.

El programa, denominado CEEMACACOFR.xls, se realizó sobre la base de la planilla electrónica Microsoft Excel y se encuentra en el disco adjunto.

El software permite obtener mediante el ingreso de los valores de temperaturas y humedades medias máximas y mínimas de cada mes, las temperaturas horarias, lo grados-día de calefacción y enfriamiento y las necesidades bioclimáticas de calor, confort y frío. Estas últimas permitirán orientar la selección de las estrategias de diseño que sean más apropiadas para el clima analizado.

Deben ingresarse los siguientes datos:

- *Estación*: se ingresa el nombre de la localidad analizada.

- *Fuente*: se ingresa la fuente de donde se obtienen los datos climáticos.

- *Temperatura media máxima*: se deben ingresar los valores de temperaturas medias máximas para cada mes del año.

- *Temperatura media mínima*: se deben ingresar los valores de temperaturas medias mínimas para cada mes del año.

- *Humedad media máxima*: se deben ingresar los valores de humedad media máxima para cada mes del año.

- *Humedad media mínima*: se deben ingresar los valores de humedad media mínima para cada mes del año.

Ingrese los datos en las celdas sombreadas:

ESTACION:	S.M.TUCUMAN
FUENTE:	S.M.N.

TEMPERAT. °C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP.MED.MAX	31,3	30,2	27,7	24,4	21,2	18,2	19,1	22,5	24,5	29,0	29,6	30,6	25,7
TEMP.MED.MIN	20,2	19,2	18,0	15,1	11,0	7,6	6,8	8,6	10,6	15,1	17,5	19,4	14,1
DIFERENCIA	11,1	11,0	9,7	9,3	10,2	10,6	12,3	13,9	13,9	13,9	12,1	11,2	11,6

HUM.RELAT. %	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
HUM.REL.MAX.	83	85	89	89	86	84	79	79	73	72	81	80	81,7
HUM.REL.MIN.	62	61	73	80	79	70	64	55	55	51	48	60	63,2
DIFERENCIA	21,0	24,0	16,0	9,0	7,0	14,0	15,0	24,0	18,0	21,0	33,0	20,0	18,5

Fig. 12.32 Planilla de ingreso de datos de temperatura y humedad.

TEMPERATURAS HORARIAS SEGUN MAXIMA MEDIA Y MINIMA MEDIA

TEMP.MEDIA ANUAL:	19,9
TEMP.NEUTRALIDAD:	23,77

TMA	19,9

HORA	COEFICIENTES	TEMPERATURAS HORARIAS												PROMEDIOS D-E-F	M-J-J	AÑO
1	0,46	25,3	24,3	22,5	19,4	15,7	12,5	12,5	15,0	17,0	21,5	23,1	24,6	24,7	13,5	19,4
2	0,32	23,8	22,7	21,1	18,1	14,3	11,0	10,7	13,0	15,0	19,5	21,4	23,0	23,2	12,0	17,8
3	0,19	22,3	21,3	19,8	16,9	12,9	9,6	9,1	11,2	13,2	17,7	19,8	21,5	21,7	10,6	16,3
4	0,08	21,1	20,1	18,8	15,8	11,8	8,4	7,8	9,7	11,7	16,2	18,5	20,3	20,5	9,3	15,0
5	0,02	20,4	19,4	18,2	15,3	11,2	7,8	7,0	8,9	10,9	15,4	17,7	19,6	19,8	8,7	14,3
6	0,00	20,2	19,2	18,0	15,1	11,0	7,6	6,8	8,6	10,6	15,1	17,5	19,4	19,6	8,5	14,1
7	0,06	20,9	19,9	18,6	15,7	11,6	8,2	7,5	9,4	11,4	15,9	18,2	20,1	20,3	9,1	14,8
8	0,15	21,9	20,9	19,5	16,5	12,5	9,2	8,6	10,7	12,7	17,2	19,3	21,1	21,3	10,1	15,8
9	0,26	23,1	22,1	20,5	17,5	13,7	10,4	10,0	12,2	14,2	18,7	20,6	22,3	22,5	11,3	17,1
10	0,44	25,1	24,0	22,3	19,2	15,5	12,3	12,2	14,7	16,7	21,2	22,8	24,3	24,5	13,3	19,2
11	0,79	29,0	27,9	25,7	22,4	19,1	16,0	16,5	19,6	21,6	26,1	27,1	28,2	28,4	17,2	23,3
12	0,91	30,3	29,2	26,8	23,6	20,3	17,2	18,0	21,2	23,2	27,7	28,5	29,6	29,7	18,5	24,6
13	0,97	31,0	29,9	27,4	24,1	20,9	17,9	18,7	22,1	24,1	28,6	29,2	30,3	30,4	19,2	25,3
14	1,00	31,3	30,2	27,7	24,4	21,2	18,2	19,1	22,5	24,5	29,0	29,6	30,6	30,7	19,5	25,7
15	0,98	31,1	30,0	27,5	24,2	21,0	18,0	18,9	22,2	24,2	28,7	29,4	30,4	30,5	19,3	25,5
16	0,94	30,6	29,5	27,1	23,8	20,6	17,6	18,4	21,7	23,7	28,2	28,9	29,9	30,0	18,8	25,0
17	0,91	30,3	29,2	26,8	23,6	20,3	17,2	18,0	21,2	23,2	27,7	28,5	29,6	29,7	18,5	24,6
18	0,87	29,9	28,8	26,4	23,2	19,9	16,8	17,5	20,7	22,7	27,2	28,0	29,1	29,3	18,1	24,2
19	0,83	29,4	28,3	26,1	22,8	19,5	16,4	17,0	20,1	22,1	26,6	27,5	28,7	28,8	17,6	23,7
20	0,80	29,1	28,0	25,8	22,5	19,2	16,1	16,6	19,7	21,7	26,2	27,2	28,4	28,5	17,3	23,4
21	0,75	28,5	27,5	25,3	22,1	18,7	15,6	16,0	19,0	21,0	25,5	26,6	27,8	27,9	16,7	22,8
22	0,70	28,0	26,9	24,8	21,6	18,1	15,0	15,4	18,3	20,3	24,8	26,0	27,2	27,4	16,2	22,2
23	0,64	27,3	26,2	24,2	21,1	17,5	14,4	14,7	17,5	19,5	24,0	25,2	26,6	26,7	15,5	21,5
24	0,57	26,5	25,5	23,5	20,4	16,8	13,6	13,8	16,5	18,5	23,0	24,4	25,8	25,9	14,8	20,7

Fig. 12.33 Planilla con el cálculo de temperaturas horarias.

HUMEDAD RELATIVA HORARIAS SEGUN MAXIMA MEDIA Y MINIMA MEDIA

HORA	COEF.	HUMEDAD RELATIVA HORARIA												PROMEDIOS		
														VER.	INV.	AN0
1	0,83	79,4	80,9	86,3	87,5	84,8	81,6	76,5	74,9	69,9	68,4	75,4	76,6	79,0	81,0	78,5
2	0,87	80,3	81,9	86,9	87,8	85,1	82,2	77,1	75,9	70,7	69,3	76,7	77,4	79,9	81,4	79,3
3	0,91	81,1	82,8	87,6	88,2	85,4	82,7	77,7	76,8	71,4	70,1	78,0	78,2	80,7	81,9	80,0
4	0,94	81,7	83,6	88,0	88,5	85,6	83,2	78,1	77,6	71,9	70,7	79,0	78,8	81,4	82,3	80,6
5	0,98	82,6	84,5	88,7	88,8	85,9	83,7	78,7	78,5	72,6	71,6	80,3	79,6	82,2	82,8	81,3
6	1,00	83,0	85,0	89,0	89,0	86,0	84,0	79,0	79,0	73,0	72,0	81,0	80,0	82,7	83,0	81,7
7	0,97	82,4	84,3	88,5	88,7	85,8	83,6	78,6	78,3	72,5	71,4	80,0	79,4	82,0	82,6	81,1
8	0,91	81,1	82,8	87,6	88,2	85,4	82,7	77,7	76,8	71,4	70,1	78,0	78,2	80,7	81,9	80,0
9	0,79	78,6	80,0	85,6	87,1	84,5	81,1	75,9	74,0	69,2	67,6	74,1	75,8	78,1	80,5	77,8
10	0,44	71,2	71,6	80,0	84,0	82,1	76,2	70,6	65,6	62,9	60,2	62,5	68,8	70,5	76,3	71,3
11	0,26	67,5	67,2	77,2	82,3	80,8	73,6	67,9	61,2	59,7	56,5	56,6	65,2	66,6	74,1	68,0
12	0,15	65,2	64,6	75,4	81,4	80,1	72,1	66,3	58,6	57,7	54,2	53,0	63,0	64,3	72,8	65,9
13	0,06	63,3	62,4	74,0	80,5	79,4	70,8	64,9	56,4	56,1	52,3	50,0	61,2	62,3	71,7	64,3
14	0,00	62,0	61,0	73,0	80,0	79,0	70,0	64,0	55,0	55,0	51,0	48,0	60,0	61,0	71,0	63,2
15	0,02	62,4	61,5	73,3	80,2	79,1	70,3	64,3	55,5	55,4	51,4	48,7	60,4	61,4	71,2	63,5
16	0,08	63,7	62,9	74,3	80,7	79,6	71,1	65,2	56,9	56,4	52,7	50,6	61,6	62,7	72,0	64,6
17	0,19	66,0	65,6	76,0	81,7	80,3	72,7	66,9	59,6	58,4	55,0	54,3	63,8	65,1	73,3	66,7
18	0,32	68,7	68,7	78,1	82,9	81,2	74,5	68,8	62,7	60,8	57,7	58,6	66,4	67,9	74,8	69,1
19	0,46	71,7	72,0	80,4	84,1	82,2	76,4	70,9	66,0	63,3	60,7	63,2	69,2	71,0	76,5	71,7
20	0,57	74,0	74,7	82,1	85,1	83,0	78,0	72,6	68,7	65,3	63,0	66,8	71,4	73,4	77,8	73,7
21	0,64	75,4	76,4	83,2	85,8	83,5	79,0	73,6	70,4	66,5	64,4	69,1	72,8	74,9	78,7	75,0
22	0,70	76,7	77,8	84,2	86,3	83,9	79,8	74,5	71,8	67,6	65,7	71,1	74,0	76,2	79,4	76,1
23	0,75	77,8	79,0	85,0	86,8	84,3	80,5	75,3	73,0	68,5	66,8	72,8	75,0	77,3	80,0	77,0
24	0,80	78,8	80,2	85,8	87,2	84,6	81,2	76,0	74,2	69,4	67,8	74,4	76,0	78,3	80,6	78,0

Fig. 12.34 Planilla con el cálculo de humedad horaria.

GRADOS DIAS DE CALEFACCION (TEMP-18)

HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIOS D-E-F	M-J-J	AN0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	-5,5	-5,5	-3,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,5	-17,4
2	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,7	-7,0	-7,3	-5,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,0	-25,9
3	0,0	0,0	0,0	-1,1	-5,1	-8,4	-8,9	-6,8	-4,8	-0,3	0,0	0,0	0,0	-7,4	-35,2
4	0,0	0,0	0,0	-2,2	-6,2	-9,6	-10,2	-8,3	-6,3	-1,8	0,0	0,0	0,0	-8,7	-44,5
5	0,0	0,0	0,0	-2,7	-6,8	-10,2	-11,0	-9,1	-7,1	-2,6	-0,3	0,0	0,0	-9,3	-49,8
6	0,0	0,0	0,0	-2,9	-7,0	-10,4	-11,2	-9,4	-7,4	-2,9	-0,5	0,0	0,0	-9,5	-51,7
7	0,0	0,0	0,0	-2,3	-6,4	-9,8	-10,5	-8,6	-6,6	-2,1	0,0	0,0	0,0	-8,9	-46,2
8	0,0	0,0	0,0	-1,5	-5,5	-8,8	-9,4	-7,3	-5,3	-0,8	0,0	0,0	0,0	-7,9	-38,6
9	0,0	0,0	0,0	-0,5	-4,3	-7,6	-8,0	-5,8	-3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,7	-30,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,5	-5,7	-5,8	-3,3	-1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,7	-18,6
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,0	-1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,2	-3,5
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,8
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,4
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,8
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,2	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	-1,7
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,6	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	-2,6
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,9	-1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,1	-3,3
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,5	-2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	-4,4
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,0	-2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,9	-5,6
23	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-3,6	-3,3	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,5	-7,9
24	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,2	-4,4	-4,2	-1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,2	-11,2
	0,0	0,0	0,0	-13,2	-51,5	-105,2	-104,1	-68,5	-46,5	-10,5	-0,8	0,0	0,0	-86,9	-400,1

GRADOS DIAS DE ENFRIAMIENTO O PROTECCION CON SOMBRA (TEMP.-TEMP.NEUT.)

HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIOS D-E-F	M-J-J	AN0
1	1,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,9	0,0	2,8
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,0	2,2
11	5,2	4,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,3	4,5	4,6	0,0	21,3
12	6,5	5,4	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,7	5,8	5,9	0,0	29,6
13	7,2	6,1	3,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,8	5,5	6,5	6,6	0,0	34,4
14	7,5	6,4	3,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5,2	5,8	6,8	6,9	0,0	37,2
15	7,3	6,2	3,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,0	5,6	6,6	6,7	0,0	35,3
16	6,9	5,8	3,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	5,1	6,2	6,3	0,0	31,7
17	6,5	5,4	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,7	5,8	5,9	0,0	29,6
18	6,1	5,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	4,3	5,4	5,5	0,0	26,8
19	5,6	4,6	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	3,8	4,9	5,0	0,0	24,1
20	5,3	4,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	3,4	4,6	4,7	0,0	22,0
21	4,8	3,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,8	4,0	4,2	0,0	18,6
22	4,2	3,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,2	3,5	3,6	0,0	15,1
23	3,5	2,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	2,8	2,9	0,0	11,0
24	2,8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,0	2,2	0,0	7,1
	82,4	65,1	32,6	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	41,5	53,4	70,8	72,8	0,0	348,7

Fig. 12.35 Planilla con el cálculo de grados-día de calefacción y enfriamiento.

NECESIDADES BIOCLIMATICAS: C=CONFORT - F=FRIO(NECESIDAD CALEFACCION) - E=NEC. DE ENFRIAMIENTO

ESTACION: S.M.TUCUMAN TCON 23,77 TCMX 25,8 TCMI 21,8

HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALES AÑO FRIO	CONF.	ENFRI.	
1	E	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5	6	1	
2	C	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5	7	0	
3	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7	5	0	
4	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7	5	0	
5	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	8	4	0	
6	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C	8	4	0	
7	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7	5	0	
8	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	7	5	0	
9	C	C	C	F	F	F	F	F	F	C	C	C	6	6	0	
10	C	C	C	C	F	F	F	F	F	C	C	C	5	7	0	
11	E	E	E	C	C	F	F	C	C	E	E	E	2	4	6	
12	E	E	E	C	C	F	F	C	C	E	E	E	2	4	6	
13	E	E	E	C	C	F	C	C	C	E	E	E	1	5	6	
14	E	E	E	C	C	C	C	C	C	E	E	E	0	6	6	
15	E	E	E	C	C	F	C	C	C	E	E	E	1	5	6	
16	E	E	E	C	C	F	C	C	C	E	E	E	1	5	6	
17	E	E	E	C	C	F	F	C	C	E	E	E	2	4	6	
18	E	E	E	C	C	F	F	C	C	E	E	E	2	4	6	
19	E	E	E	C	C	F	F	C	C	E	E	E	2	4	6	
20	E	E	E	C	C	F	F	C	C	E	E	E	2	4	6	
21	E	E	E	C	C	F	F	C	C	C	E	E	2	5	5	
22	E	E	C	C	C	F	F	C	C	C	E	E	2	6	4	
23	E	E	C	C	F	F	F	F	C	C	C	E	4	5	3	
24	E	E	C	C	F	F	F	F	C	C	C	E	4	5	3	
FRIO	0	0	0	7	12	23	20	12	10	6	2	0	TOT.F	92	% F.	31,9
CONF.	9	10	13	17	12	1	4	12	14	8	10	10	TOT.C	120	% C.	41,7
ENF.	15	14	11	0	0	0	0	0	0	10	12	14	TOT.E	76	% E.	26,4

Fig. 12.36 Planilla de necesidades bioclimáticas.

NECESIDADES DE SOMBRA PARA TRASLADAR AL DIAGRAMA DE TRAYECTORIAS SOLARES EN PROY.CILINDRICA DESARROLLADA

HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	SOMB.		
6													0		
7													0		
8													0		
9													0		
10													0		
11	S	S	S							S	S	S	6		
12	S	S	S							S	S	S	6		
13	S	S	S							S	S	S	6		
14	S	S	S							S	S	S	6		
15	S	S	S							S	S	S	6		
16	S	S	S							S	S	S	6		
17	S	S	S							S	S	S	6		
18	S	S	S							S	S	S	6		
19	S	S	S							S	S	S	6		
20	S	S	S							S	S	S	6		
SOM	10	10	10	0	0	0	0	0	0	10	10	10	60	% Sombra	33,3

Fig. 12.37 Planilla de necesidades de protección solar (sombra).

Diagrama de Olgyay

Se pueden determinar estrategias básicas de diseño mediante el diagrama de Olgyay (ver capítulo 7). En el mismo se indican las condiciones de confort del cuerpo humano la cual se define entre los 20 y 25ºC y los 20 y 60% de humedad relativa, disminuyendo la franja de temperatura cuando la humedad supera el 60%, ya que disminuye la eficiencia del enfriamiento por evaporación de la transpiración.

Mediante la graficación de los segmentos correspondientes a las temperaturas medias máximas, mínimas y medias, para los distintos meses del año, de la misma forma que se realiza con el método del diagrama psicrométrico, se pueden determinar estrategias muy generales a aplicar en el diseño de un edificio en una determinada localidad, para aproximar a las condiciones de confort el interior de los mismos.

El límite inferior de la zona de confort establece una separación por encima de la cual se necesita protección de la radiación solar y por debajo de ésta se requiere captación de la misma, con diferentes intensidades según los valores de temperaturas.

Cuando las condiciones climáticas se encuentran sobre la línea de confort se pueden adoptar medidas para el aprovechamiento del viento y si las humedades son bajas se puede refrigerar aumentando el vapor de agua (enfriamiento evaporativo).

El aumento de la aislación térmica debido a la vestimenta permite aproximarse a las condiciones de confort a temperaturas por debajo de la línea. El diagrama muestra una escala de CLO con lo cual se puede visualizar el rango de temperaturas en que influye el tipo de vestimenta.

REFERENCIAS

♦ Baker N.V., (1987) "Passive and low energy building design for tropical island climates", Commonwealth Science Council, London.

♦ Commission of the European Communities, (1986) "European passive solar handbook", Brussels, Bélgica.

♦ Evans J.M., (1992) "Curso de perfeccionamiento ARQUISUR de Arquitectura Bioclimática", FAU-UNT, Tucumán.

♦ Givoni B., (1976) "Man, Climate and Architecture, Applied Science Publisher, Londres.

♦ Givoni B., (1997) "Climate considerations in building and urban design", Ed. Van Nostrand Reinhold, Londres.

♦ Gonzalo, G.E., (1993) "Proyecto CONICET-BID 0326", Tucumán, IAA-FAU-UNT, (inédito).

♦ Gonzalo G.E. y otros, (1989) "Sistema lógico para el cálculo de exigencias bioclimáticas anuales", Tucumán, FAU-UNT, y (1989) "Sistema lógico para la determinación de pautas de diseño bioclimático, FAU-UNT, Tucumán.

♦ Gonzalo G.E., (1979-2003) "Programa de la materia: Arquitectura Bioclimática y con uso de energías no convencionales", FAU-UNT, Tucumán.

♦ Gonzalo G.E., (1989) "Programa de computación CALCONFR.BAS", FAU-UNT, Tucumán.

♦ Gonzalo G.E., (1997) "Programas de computación ESTBIO00.XLS, 05, 10, 15, 20, 25 y 30", Módulo III del Magister en Auditoría Energética, Tucumán.

♦ Hinz E. et al, (1986) "Proyecto clima y arquitectura", G.Gili, México.

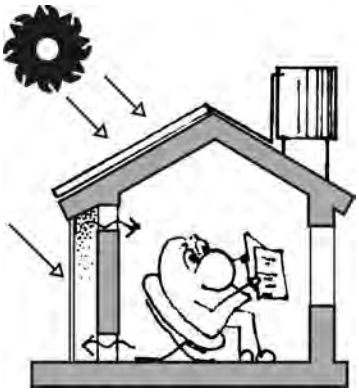
♦ Junta Andalucía, (1997) "Arquitectura y clima en Andalucía", Sevilla, Junta de Andalucía.

♦ Mahoney C. "Climate and housing desing", referido por Koenisberger y otros, "Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales", Madrid, Paraninfo, 1977, sección 8.

♦ Szocolay S.V., "Climate analysis as a basis for design", Univ.of Queensland, Australia.

♦ Watson D., (1982) "Bioclimatic analysis and design methods", USA, Yale S.Architecture.

13 CALEFACCIÓN SOLAR DE EDIFICIOS



La arquitectura ocupa entre las artes un puesto de privilegio, porque, mediando entre la ciencia y el arte, no se ocupa de la naturaleza como de un misterio a revelar o a catalogar, ni como un modelo para nuevas conjugaciones, ni como fuente de inspiración, sino que se la considera un instrumento tangible, capaz de proporcionarnos los materiales que elaboraremos para "uso de los hombres".
E.N.ROGERS

INTRODUCCIÓN

Si bien la adecuación climática de un edificio va a depender de la correcta elección de sus características generales, realizada en las primeras etapas del proyecto, se pueden, además, incorporar componentes arquitectónicos que tiendan a mejorar aspectos concretos del funcionamiento energético de los edificios proyectados.

Con este objetivo se diferencian los sistemas para la calefacción solar pasiva y los sistemas para el enfriamiento de los edificios.

En este capítulo desarrollaremos los sistemas pasivos para la calefacción cuya finalidad es mejorar el comportamiento climático del edificio en invierno, con la menor utilización de fuentes de energías convencionales.

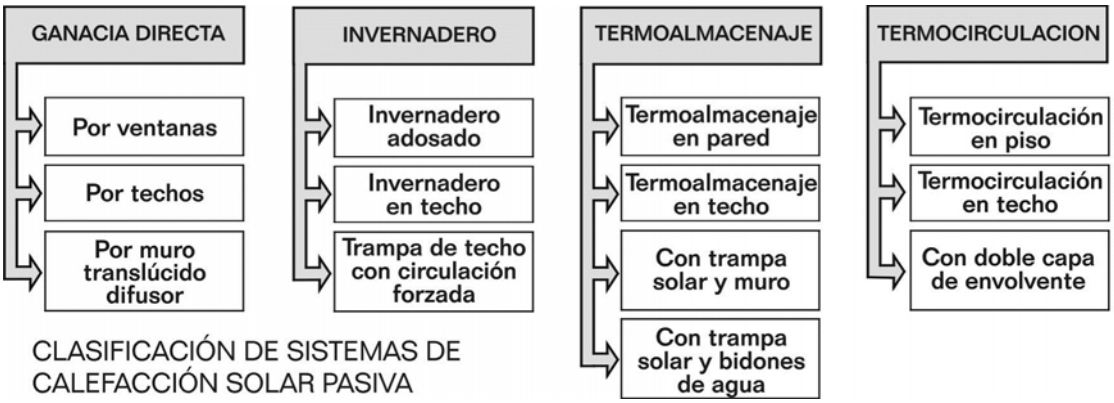
Estos sistemas, cuyo principal objetivo es captar la energía y transferirla al interior en forma de calor, están compuestos por diferentes elementos que permiten su correcto funcionamiento y que se distinguen según la función que cumplen:

1. *Captación*: se utiliza un elemento transparente o translúcido que permite el paso de la radiación solar de onda corte e impide la salida de la radiación de onda larga del interior.

2. *Almacenamiento*: se utilizan elementos masivos que absorben y acumulan la energía de la radiación solar que reciben.

3. *Distribución al ambiente*: los elementos que acumularon energía la ceden al ambiente en forma de calor por convección y radiación.

En el siguiente cuadro se muestra la clasificación de los sistemas para la calefacción solar pasiva según la forma en que captan, distribuyen y almacenan la energía (Gonzalo, 1986).



CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN SOLAR PASIVA

1. Ganancia directa

La ganancia directa consiste en diseñar adecuadamente las ventanas y aberturas, de acuerdo con la geometría solar, y los elementos constructivos internos de control y acumulación de energía térmica. En esta categoría se encuentran los sistemas de ganancia por aventanamientos y los invernaderos.

La estrategia pasiva de ganancia directa, que implica permitir la entrada solar a fin de calefaccionar los ambientes, ha sido utilizada desde hace siglos y encontramos numerosos ejemplos en la historia de sabias aplicaciones de la misma.

Ya Sócrates en el siglo IV a.C. recalcaba la importancia de la orientación. (para hemisferio norte):

"*En viviendas con fachada sur los rayos solares penetran por los pórticos en invierno, pero en el verano el paso del sol está sobre nuestras cabezas y sobre los techos, y entonces tenemos sombra... esta es la mejor disposición que podemos tener... tendremos casas en las cuales el propietario encontrará un agradable refugio para todas las estaciones*".

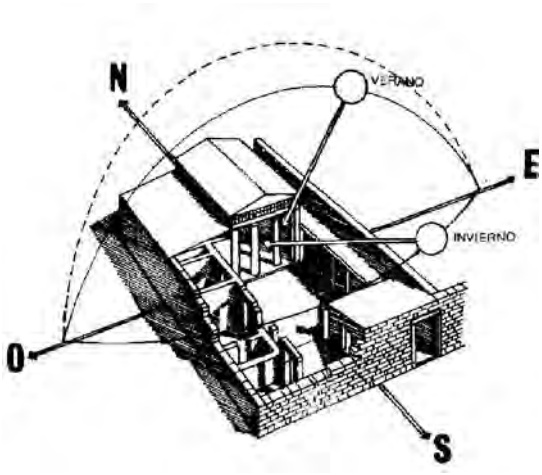


Fig. 13.01 Vivienda en Grecia. (recorrido solar para el hemisferio norte)

La ganancia directa consiste en utilizar la radiación solar de onda corta, permitiendo su ingreso al edificio a través de un vidrio o plástico, y luego que ésta se convierte en forma inmediata en calor (ondas largas), aprovechar las propiedades selectivas de los materiales de ingreso a fin de calefaccionar los ambientes.

Para el diseño con ganancia directa es imprescindible el conocimiento exacto del movimiento solar a lo largo del año y la cantidad de energía solar obtenible para las distintas orientaciones. En general se puede aconsejar la conveniencia de la orientación norte que permite el ingreso en la estación fría (con altura solar baja) y que puede ser fácilmente excluida en la estación cálida (aleros, parasoles fijos, vegetación, etc.).

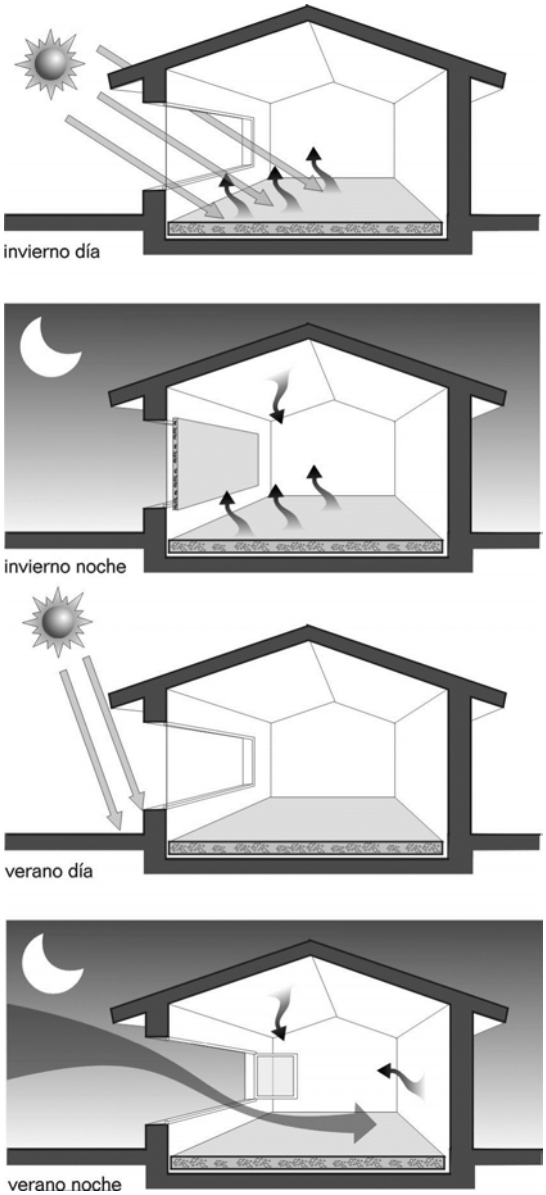


Fig. 13.02 Calefacción solar pasiva por ganancia directa de la radiación solar a través de ventanas.

Los elementos colectores en esta estrategia, son aberturas transparentes o translúcidas (ventanas, claraboyas, cúpulas, techos móviles o quebrados, etc.) que además de servir para calefaccionar, un buen diseño bioclimático puede hacerlos útiles para enfriar, agregar iluminación natural y ventilar los ambientes.

Debemos considerar a estos colectores como puentes térmicos de la envolvente del edificio, o sea que así como gana energía más rápida-

mente que las paredes opacas, así también la pierde. De acuerdo con el clima y función de los ambientes internos se podrían modificar estas características agregando controles aislantes.

Además de las aislaciones se deberá estudiar una buena ventilación a fin de evitar sobrecalentamientos.

En el interior de los espacios calefaccionados de esta manera es conveniente la utilización de masas acumuladoras de alta conductividad en paredes y pisos, a fin de evitar la elevación brusca de la temperatura del aire y permitir la conservación del calor en la noche.

La ventaja de este dispositivo es que es uno de los sistemas de calefacción más económicos, ya que sus elementos componentes son de utilización común en la construcción y con un elevado desarrollo técnico, permitiendo, además, el ingreso de iluminación natural y ventilación.

Para climas con bajas necesidades de calor invernal prácticamente no se requiere acumulación y solamente un buen diseño de aberturas y una correcta orientación de las mismas, que se tendrían que usar normalmente en la construcción, permitirán calefaccionar totalmente un edificio. Además, hay que tener en cuenta que las superficies acristaladas pueden funcionar no sólo con radiación directa sino también con la componente difusa y reflejada.

Debemos considerar también algunas desventajas de este sistema a los efectos del diseño del mismo, ya que, por ejemplo, la radiación ultravioleta componente de la solar puede degradar el mobiliario interior, cuadros, etc., además, se deben estimar con precisión los valores de iluminación, ya que pueden presentarse problemas de deslumbramiento para determinadas funciones internas.

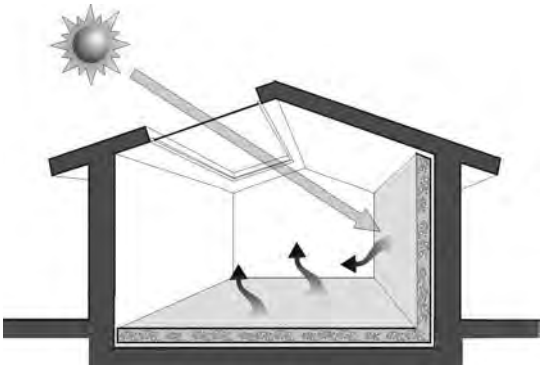


Fig. 13.03 Ganancia directa por techo.

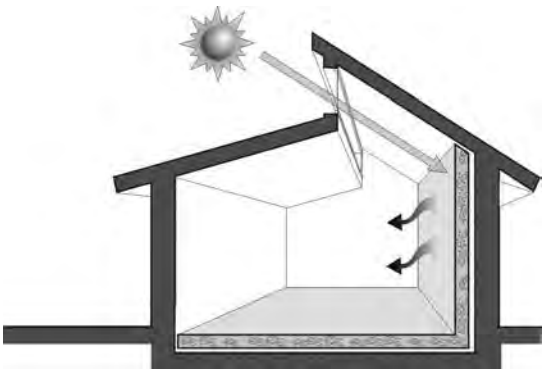


Fig. 13.04 Ganancia directa por techo quebrado.

2. Invernadero

El invernadero puede concebirse como un desarrollo del concepto de ganancia directa, consiguiéndose exponer un área vidriada mayor al sol y lograr asimismo que el espacio generado sea utilizable para otras funciones, aparte de la específica de colección. Este elemento es un sistema ampliamente conocido y desarrollado desde hace mucho tiempo en agricultura, para favorecer el crecimiento de plantas en condiciones climáticas adversas.

En arquitectura podemos reconocer algunos antecedentes en las Bow Window, los jardines de invierno o las calles comerciales con cubiertas transparentes.

El funcionamiento del invernadero se basa en la transparencia selectiva del vidrio, transformándose en una trampa solar, ya que permite pasar casi totalmente la radiación que incide, pero no así la radiación de onda larga que emiten muros, pisos, etc. calefaccionando de este modo el ambiente.

Es necesario recordar que el vidrio, así como permite el ingreso de la radiación solar durante el día, también y debido a su alta transmitancia, pierde mucha energía durante la noche. En el invierno durante el día, el balance energético será altamente positivo debido a la radiación solar capturada, logrando un aumento considerable de la temperatura interior. Pero a la noche este balance se vuelve deficitario.

En climas de radiación intensa, en verano e incluso en algunos días de invierno con mucha radiación, se presenta el problema de sobrecalentamiento diurno que transforma el invernadero en un elemento agravante de la situación climática interna del edificio.

Considerando este comportamiento y teniendo en cuenta, además, que el invernadero es un espacio que puede ser utilizado, surge claramente la necesidad de dotarlo de los recursos

convenientes para controlar las oscilaciones extremas y utilizar de un modo efectivo las bondades de este sistema.

Estos recursos estarán condicionados también por las funciones a que se vaya a destinar el espacio de invernadero.

Es así que emplearlo como espacio habitable requerirá de un control constante para lograr un equilibrio térmico compatible con las necesidades de confort de los ocupantes,

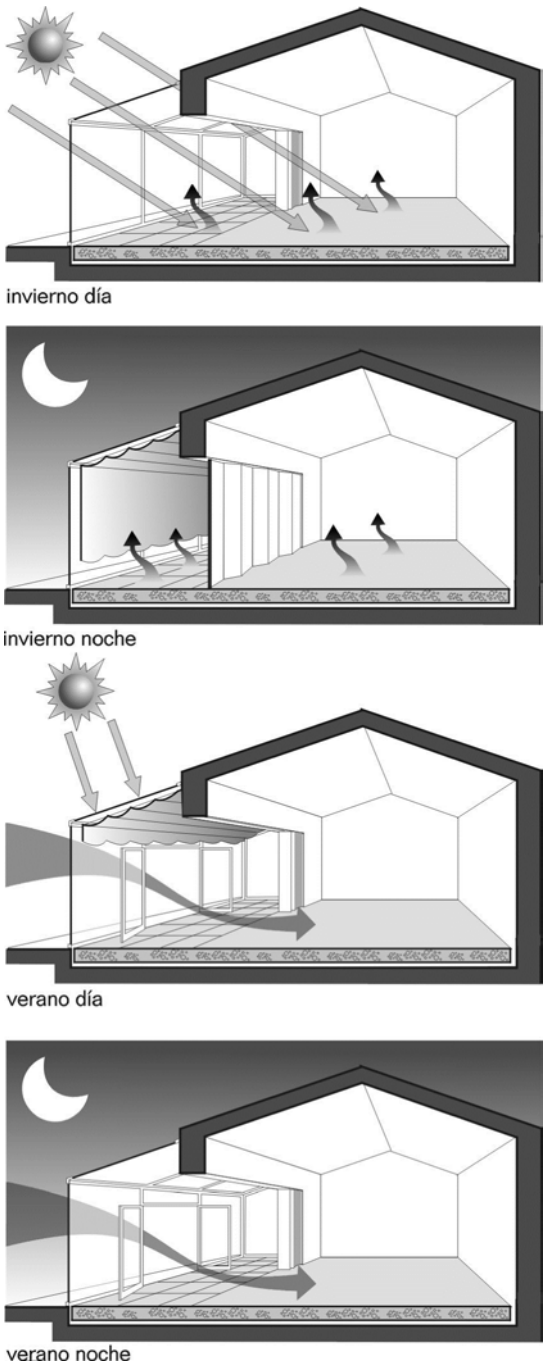


Fig. 13.05 Calefacción solar pasiva por ganancia de la radiación solar a través del invernadero adosado.

mientras que si se lo utiliza para horticultura o jardín de invierno las condiciones estarán dadas por las necesidades de las especies plantadas (sol, temperatura, humedad, etc.).

Una primera medida de control interior es dotar al invernadero de elementos de acumulación, los cuales pueden formar parte de al estructura, tales como paredes y pisos, o pueden ser elementos especialmente colocados para cumplir esa función como los tambores de agua, macetas, etc. La finalidad de estos elementos es absorber la radiación y reducir las posibilidades de sobrecalentamiento instantáneo, reintegrando la energía ganada en las horas en que se necesita. Es aconsejable también asociar el invernadero con locales de alternancia térmica, con lo que se reduce en ellos la amplitud térmica y se desfasa la onda hacia las horas más convenientes. Otra mejora sería dotar al invernadero de protecciones móviles que permitan su cerramiento e impidan las pérdidas nocturnas y controlen la radiación cuando exista peligro de sobrecalentamiento.

Tratándose del ocultamiento del sol bastaría con una pantalla opaca cubriendo el techo y solo parte de las paredes, o bien combinada con un alero. Así también debe pensarse en formas de aberturas que posibiliten ventilar y desalojar el aire caliente pudiendo incluso diseñarse el invernadero para ser desmontado en la época estival.

Para evitar las pérdidas nocturnas en invierno, sería conveniente revestir completamente el invernadero con un aislante térmico reflector de las radiaciones de onda larga (infrarroja). Una solución para ambas situaciones puede lograrse con pantallas aislantes móviles con sus dos caras recubiertas de aluminio.

Las principales ventajas de su uso son: genera un espacio adicional al edificio (atrio, estar, jardín, etc.) agregando superficie a menor costo. Utilizado para plantar vegetales y flores, además de constituir un pasatiempo, permite incorporar a la vivienda olores fragantes.

Se puede complementar a la función de colección otras, como visuales, ventilación, iluminación etc., además, se adaptan fácilmente a edificios existentes y reducen las pérdidas de calor de los ambientes adyacentes al actuar como zonas amortiguadoras.

Las desventajas: en su interior se producen oscilaciones de temperatura de l0º a l5ºC, que pueden ser inconfortables, aunque es difícil generalizar debido a las innumerables posibilidades de diseño que brinda.

El ocupante debe ejercer una efectiva acción de control a fin de reducir los costos de sistemas automatizados. La construcción de un invernadero puede ser de bajo costo pero su regulación para distintos usos y las características de los materiales utilizados puede encarecerlo.

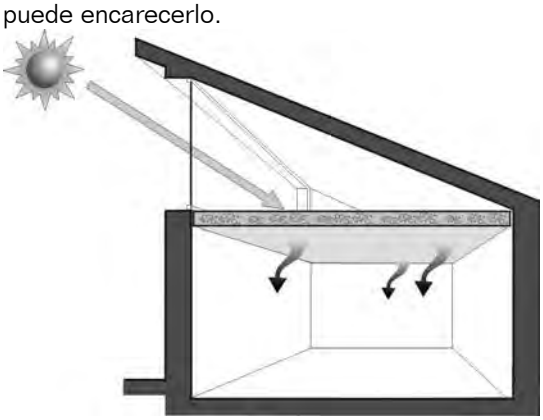


Fig. 13.06 Invernadero en techo.

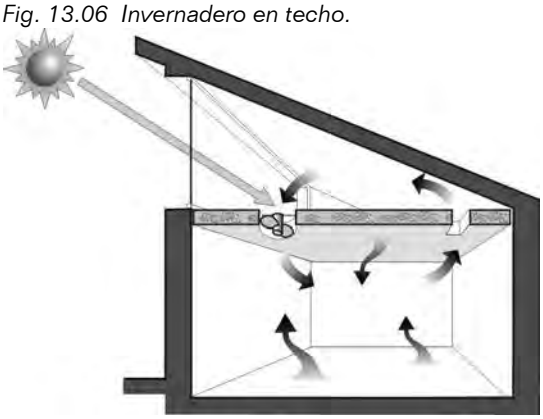


Fig. 13.07 Invernadero en techo con circulación forzada.

3. Paredes y techos con termo almacenaje

En la estrategia solar denominada termo almacenaje, el colector y el acumulador están integrados conformando una unidad y cumpliendo las funciones de muro exterior o cubierta de un edificio con características portantes o no.

Puede llevar uno o dos paneles transparentes a fin de disminuir las pérdidas por convección y radiación, o bien puede ser simplemente un muro o techo monolítico pintado con un color oscuro mate exterior. La elección de alguna de estas soluciones dependerá de las necesidades de calefacción.

Este sistema es el más utilizado en la arquitectura vernácula, ya que consiste en aprovechar las propiedades termofísicas de los materiales de la envolvente, a fin de obtener una inercia térmica conveniente del edificio y así compensar las alternancias climáticas exteriores (Gonzalo et al., 1988).

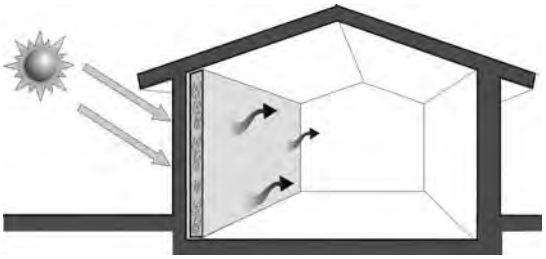


Fig. 13.08 Termo almacenaje en pared.

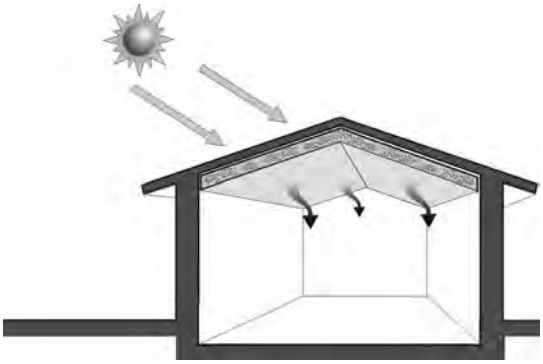


Fig. 13.09 Termo almacenaje en techo.

La cantidad de energía captada deberá calcularse sobre la base de las condiciones de emplazamiento, de la latitud, de las resistencias superficiales del muro o techo, de la inercia térmica y capacidad térmica de los materiales. De acuerdo con el espesor del material se conseguirán mayores o menores temperaturas superficiales internas, debiendo tratar de obtener un espesor óptimo, que permita una rápida modificación de la temperatura interna sin que llegue ésta a ser inconfortable.

Al igual que en la estrategia anterior se deberán prever controles aislantes, a fin de disminuir pérdidas y mantener las temperaturas superficiales internas en niveles convenientes.

La distribución de la energía captada y acumulada en este sistema se realiza por radiación al espacio interior y por convección del aire en contacto. En el caso de techo, la distribución se realiza casi totalmente por radiación, lo que disminuye el rendimiento del sistema.

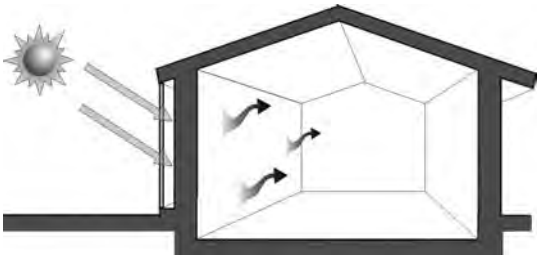


Fig. 13.10 Termo almacenaje con trampa solar y muro macizo.

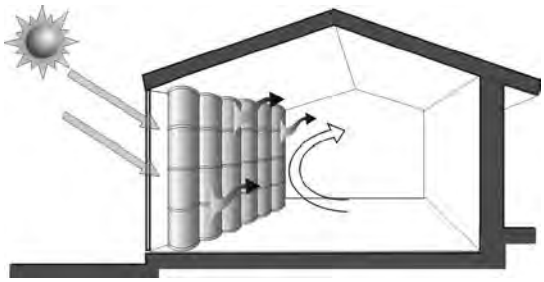


Fig. 13.11 Termo almacenaje con trampa solar y muros de tanques con agua.

Los materiales utilizados para la acumulación pueden ser mampuestos (ladrillo, piedra, etc.); agua (en bidones, tambores, bolsas, caños, etc.); sales eutécticas y otros materiales que deberán tener preferentemente alto calor y peso específico.

Con respecto a las aislaciones es conveniente utilizar protección exterior para noches de invierno o en días nublados y en la estación cálida. En el caso de que el acumulador sea un material de baja inercia (caso del agua) se recomienda colocar aislaciones también en el interior a efecto de atenuar los picos de temperatura que podrían darse en días templados de invierno y con fuerte radiación.

La ventaja de esta estrategia sobre la anterior es que aquí no se presenta el problema del deslumbramiento, ya que las ventanas se diseñan contemplando las condicionantes de iluminación. Por lo tanto, no se produce la degradación ultravioleta del mobiliario y los picos de temperatura interior son más bajos que en los casos de ganancia directa o termoconvectivo.

Además, el tiempo de retardo va a proveer confort al interior en el momento que se lo necesita. La principal ventaja la va a representar el hecho de que los materiales utilizados para colección de la energía no son otros que los comúnmente utilizados para una construcción y por lo tanto, dependiendo del diseño del sistema, no habrá costos agregados, pero sí ventajas económicas de ahorro energético.

Al haber un buen conocimiento del comportamiento térmico y funcionamiento del sistema, no existen problemas en incluirlo junto con otras estrategias en cualquier tipo de edificio. Se pueden señalar algunas desventajas parciales, tales como: el espesor calculado de muros o el diseño de techos pueden ocupar mucho espacio disminuyendo la superficie útil o pueden ser muy pesados y aumentar el costo de la estructura de sostén.

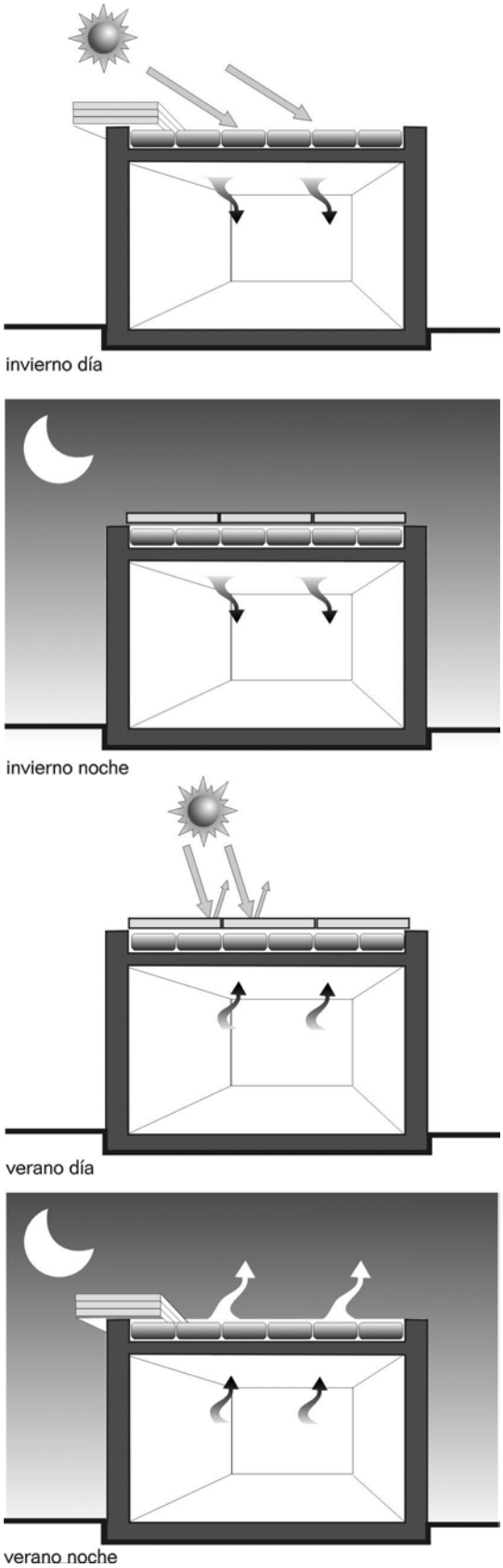


Fig.13.12 Estrategia pasiva de termo almacenaje en techos (cubierta estanque)

Como sistema de almacenamiento puede utilizarse también el agua, como en el caso de los muros de agua o la cubierta estanque, ya que es más eficiente: 1m^3 de agua puede almacenar 1000 Kcal por cada ºC de elevación de su temperatura mientras que 1m^3 de hormigón sólo almacena 400 Kcal por ºC (Mazria, 1983).

Otra ventaja del agua es que se calienta más uniformemente, ya que transfiere rápidamente el calor desde la superficie colectora a todo el volumen del agua, debido al movimiento convectivo generado en el interior del depósito. En cambio, en un muro de hormigón expuesto a la radiación directa, la temperatura superficial aumenta rápidamente y su interior permanece frío al conducir el calor más lentamente, motivo por el cual sólo se almacena parte del calor.

Un ejemplo de la utilización del agua como sistema de almacenamiento es la cubierta de agua o cubierta estanque (Fig. 13.12), que se realiza con bidones o sacos transparentes de agua colocados sobre una estructura conductora de calor, con su superficie exterior de color oscuro.

Si bien la cubierta estanque es un sistema para captar la radiación en invierno, su efecto también puede ser positivo en el período cálido, amortiguando las oscilaciones de temperatura y aprovechando la radiación nocturna para el enfriamiento estructural (Serra, s/f).

4. Giro convectivo o termocirculación

Esta estrategia es la comúnmente utilizada en los equipos solares que vimos anteriormente. Se basa en el principio físico del desplazamiento real de partes calientes y frías de un cuerpo, debido a la diferente densidad de porciones próximas de un fluido determinado.

Es decir, si tenemos un tubo lleno de agua, y calentamos uno de sus extremos (Fig. 13.13), veremos como la parte del líquido que está en la parte A del tubo experimenta mayor agitación molecular por el incremento de energía, entonces pierde densidad y sube. Inmediatamente una porción de fluido que está en B, en el retorno del circuito cerrado, ocupará el lugar del fluido desplazado y este proceso se repetirá generando un giro convectivo.

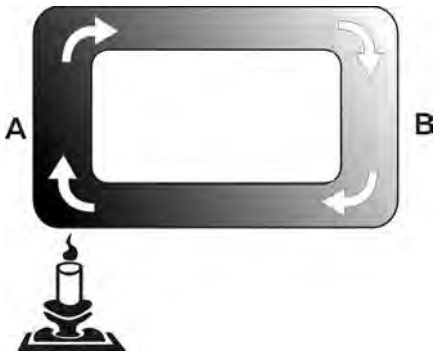


Fig. 13.13 Convección.

Si en vez de aplicar calor lo quitáramos observaríamos como el proceso se cumple igualmente, pero en sentido contrario y este efecto lo podríamos aprovechar para enfriamiento, como veremos luego. Si consideramos la estrategia de pared con termoalmacenaje y colocando un vidrio o plástico por encima practicamos dos aberturas, una en la parte alta y otra cercana al piso, veremos que se produce un giro convectivo.

Este sistema entonces agregará eficiencia al anterior, ya que no es necesario esperar horas para calefaccionar el interior (de acuerdo a la inercia térmica calculada en el muro), sino que podremos utilizar la energía captada para entregar calor en cuanto tengamos suficiente radiación solar y, además, regular el sistema mediante controles en las aberturas.

La ventaja principal que presenta este sistema, es que al distribuir la energía por termocirculación, puede estar resuelto con una muy buena aislación interior y por lo tanto minimizar las pérdidas nocturnas, disminuyendo además, los picos de temperatura que se producen en el sistema de ganancia directa, permitiendo la calefacción instantánea o la acumulación para la noche y posibilitando mediante la apertura de una ventanilla al exterior la ventilación, eliminando el peligro de sobrecalentamiento.

Termocirculación en muros: La más difundida aplicación de la termocirculación es el sistema Anuar - Trombe - Michel, conocido como Muro Trombe.

El sistema Trombe puede ser utilizado para invierno y verano, disponiendo distintas aberturas y controles de operación optativos. El material que constituye la pared, se ejecuta también en algunos casos con bidones de agua.

El colector de un sistema de giro convectivo también puede ser diseñado sin acumulación, normalmente se utiliza entonces una superficie captora metálica. Esta estrategia permite también separar el colector del almacenaje. Podemos concluir que esta estrategia permite una enorme variedad de diseños, dependiendo su definición de las necesidades y función del edificio.

En general, se trata de un equipo solar como los vistos anteriormente, pero ejecutado a escala de un edificio e integrado a él. Por lo tanto se convierte en la estrategia de más fácil integración a un edificio ya construido y también una de las más sencillas en cuanto a su operación y control.

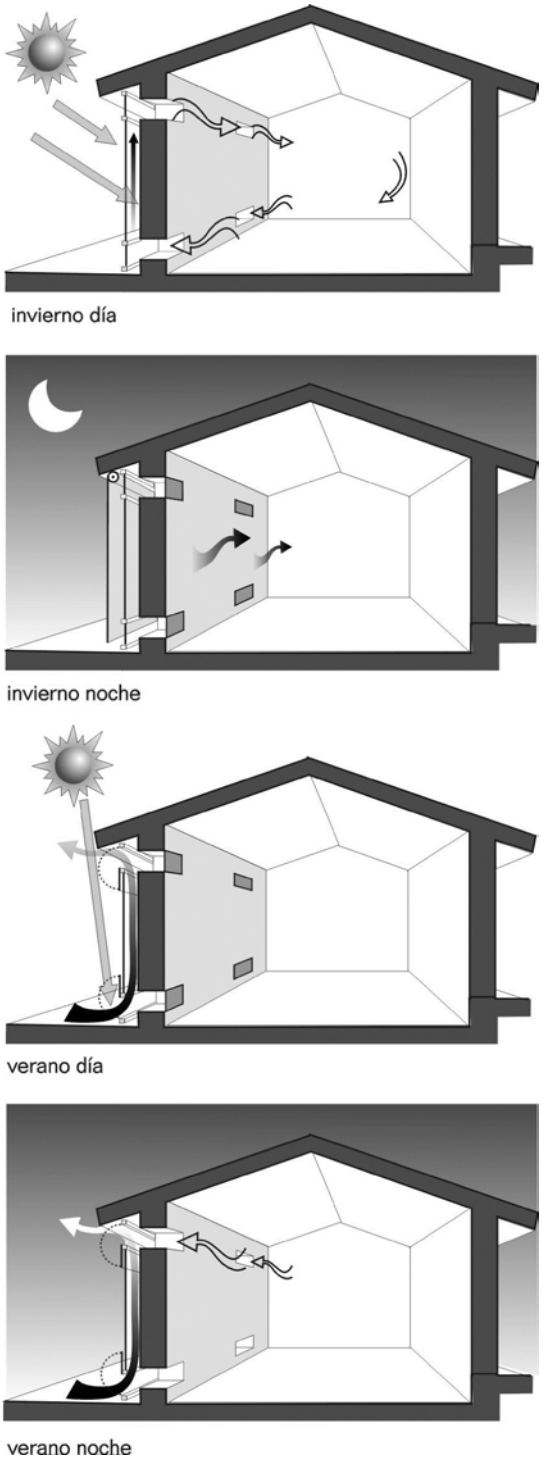


Fig. 13.14 Calefacción solar pasiva por medio de muro Trombe.

Termocirculación en piso: en este sistema la radiación solar es captada por un colector solar adosado al edificio y orientado hacia el norte. La energía captada y transformada en calor se transfiere por convección y se almacena en un depósito bajo el suelo, el cual se rellena con elementos con gran capacidad de acumulación (lecho de piedras o agua).

El calor acumulado es cedido al ambiente por radiación y convección y, si se colocan aberturas en el piso, por convección del aire que circula en el depósito.

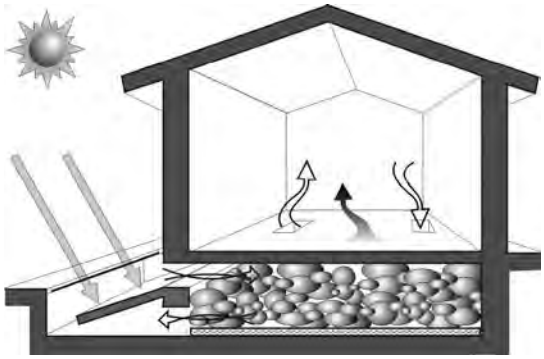


Fig. 13.15 Termocirculación en piso.

Sistema de termocirculación Barra-Costantini (Ferro, 1998): este sistema cuenta con un colector solar ubicado en la pared norte. La radiación solar, captada y absorbida, calienta el aire del interior del colector produciéndose una termocirculación. El aire caliente asciende y por medio de una abertura superior se canaliza por la cubierta, en donde circula de norte a sur, cediendo parte de la energía térmica a la estructura de la misma. Luego ingresa al local mediante una abertura ubicada en el extremo opuesto de la cubierta y cede el calor restante al ambiente. El aire a menor temperatura ingresa nuevamente al colector por medio de una abertura en la parte inferior del muro.

En las horas nocturnas la abertura inferior permanece cerrada para evitar la circulación inversa del aire y el calor acumulado en la estructura de la cubierta es cedido al ambiente por radiación.

Durante el verano se ventila el colector hacia el exterior mediante aberturas superiores e inferiores para eliminar el calor generado en su interior. La abertura inferior hacia el local permanece cerrada para evitar la circulación de aire caliente en el interior. Durante la noche todas las ventanillas permanecen abiertas para enfriar la estructura.

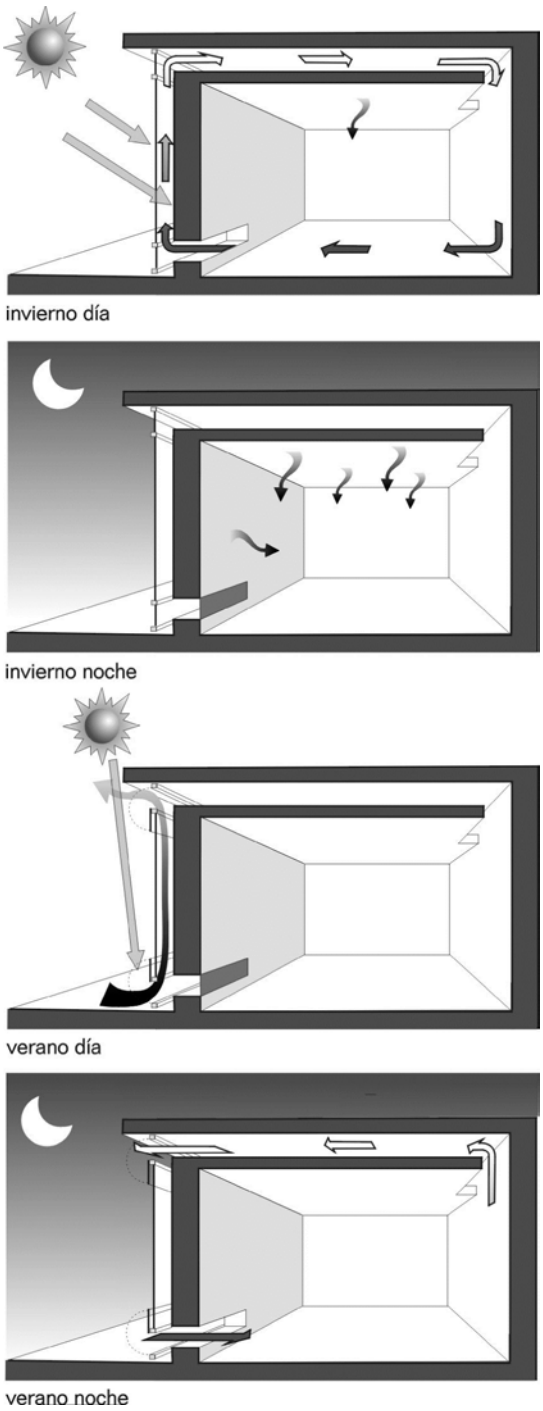


Fig. 13.16 Calefacción solar pasiva por medio de termocirculación (sistema Barra-Costantini)

5. Calefacción solar activa

En algunos casos será conveniente reforzar los sistemas naturales de giro convectivo mediante la introducción de elementos mecánicos, tales como las bombas impulsoras, que va a consumir muy poca energía convencional, pero que podrán agregar mucho más que este consumo en cuanto a la disponibilidad de transferencia de energía solar, aumentando el rendimiento de la captación pasiva.

También se pueden complementar los intercambios térmicos de los otros sistemas ya vistos, con el auxilio de pequeños ventiladores, funcionando como impulsores o extractores, que como en el caso de las figuras 13.17 a 13.19, pueden mejorar sustancialmente el rendimiento de estos sistemas pasivos.

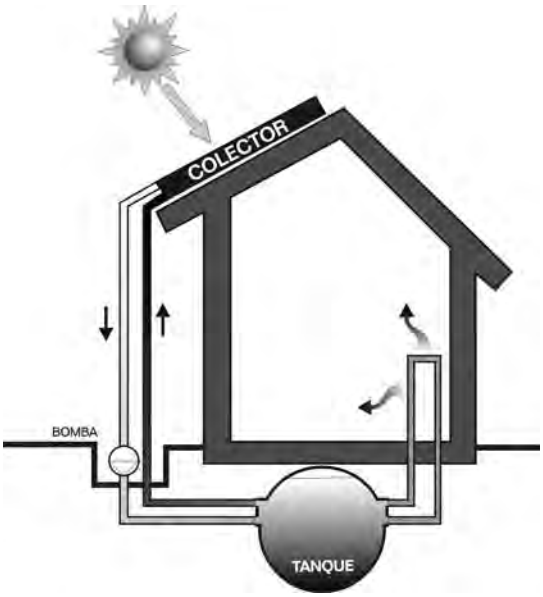


Fig. 13.17 Colectores solares con bombeo mecánico y almacenamiento en tanque de agua ubicado en sótano o enterrado y aislado. La distribución del calor se realiza por medio de otro sistema, con radiadores.

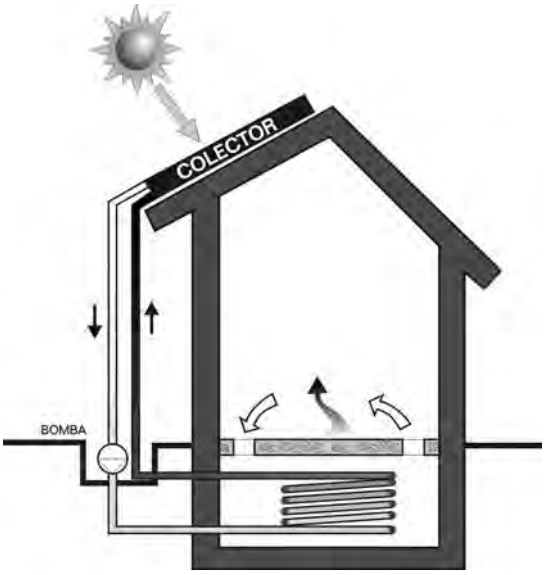


Fig. 13.18 Similar al anterior, pero en este caso se intercambia con aire, mediante una serpentina ubicada en el sótano, debiendo luego distribuirse el aire caliente hacia el local.

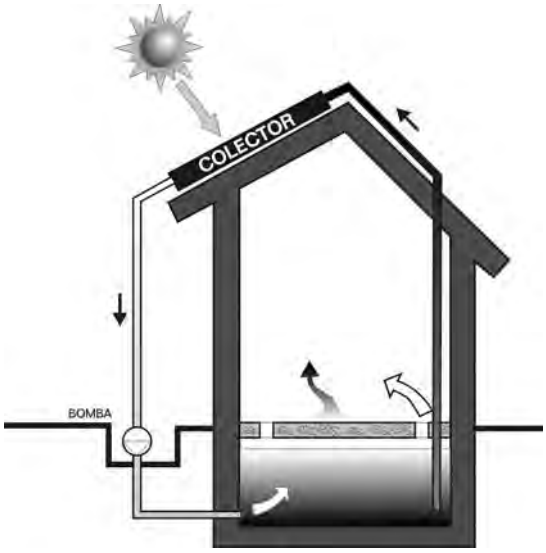


Fig. 13.19 Colectores solares con bombeo mecánico y almacenamiento en un depósito directo de agua en el sótano.

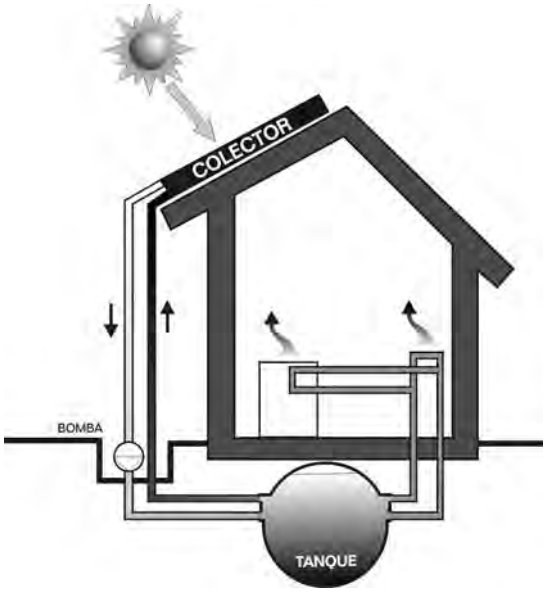


Fig. 13.20 Colectores de agua caliente por bombeo, con acumulación en piso y conectado a sistema convencional.

BIBLIOGRAFÍA

♦ Commission of the European Communities, (1986). "European passive solar handbook", Brussels, C.E.C.

♦ Gonzalo G.E., EscañoN.I., Gonzalo R.E. (1979). "Geometría Solar", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E. y J.R.Negrete (1980) "Influencia del sol en los edificios: Control Solar", Tucumán, FAU-UNT.

♦ Gonzalo G.E. (1989). "Energía, Bioclima y Arquitectura", Tucumán, FAU-UNT-SEN.

REFERENCIAS

♦ Ferro P. (1998). “Il riscaldamento con i sistemi solari passivi”. ISES Italia.

♦ Gonzalo G.E. (1986). "Aprovechamiento de la energía solar", Buenos Aires, C.F.I.

♦ Gonzalo R.E., Gonzalo G.E. (1988). "The bioclimatic design in the traditional architecture of North Argentine", Energy and Buildings for Temperate Climates, Oxford, Pergamon Press,

♦ Mazria E. (1983). "El libro de la energía solar pasiva", México, G.Gili, 1983.

♦ Serra R. (s/f). “Clima, lugar y arquitectura.

14 ENFRIAMIENTO NATURAL DE EDIFICIOS

La constancia del medio interno es de tal valor para la vida de los animales superiores y el hombre, que sus mecanismos de mantenimiento a menudo no son económicos: a la estabilidad se sacrifica todo. En esencia significa que las células internas de los organismos, particularmente los superiores, están bañadas por líquidos -plasma sanguíneo, linfa, plasma intersticial- cuya composición puede variar entre límites muy estrechos sin que peligre la vida, o al menos la normalidad funcional.
C.BERNARD

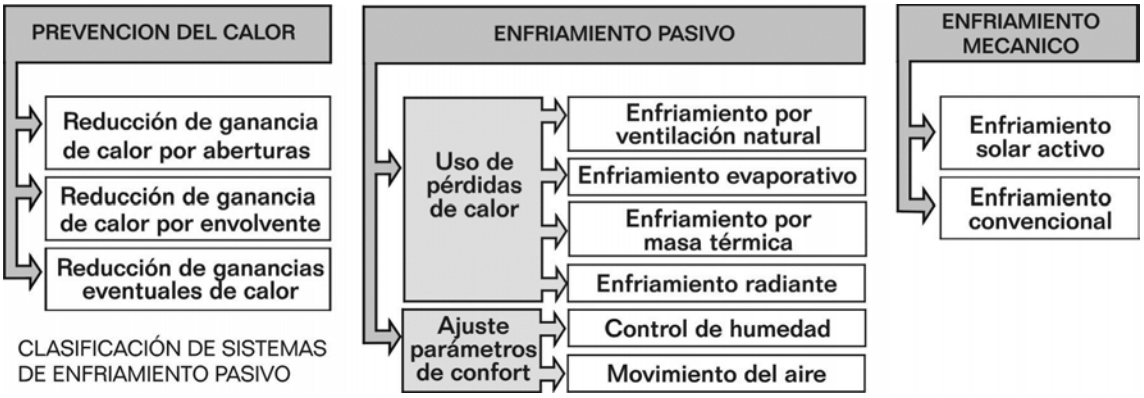
INTRODUCCIÓN

Si bien la mayoría de los métodos pasivos para el enfriamiento de los ambientes se basan en decisiones de diseño, tales como: la correcta elección de los materiales y color de la envolvente, el aprovechamiento de la ventilación natural y la utilización de la ventilación mecánica para la distribución del aire enfriado, existen otros métodos que, abarcando desde estrategias pasivas muy simples hasta complejos sistemas activos, permiten disminuir la carga térmica interna de los edificios brindando condiciones de confort a sus habitantes.

En siguiente cuadro muestra la clasificación de los distintos sistemas para el enfriamiento pasivo. En las estrategias orientadas a prevenir el ingreso de calor, se protege de la radiación solar a los componentes de la envolvente más débiles al paso del calor (ventanas) o expuestos a mayores niveles de radiación solar (techo, muros este y oeste).

Los sistemas pasivos de enfriamiento tienen la finalidad de mejorar el comportamiento climático del edificio durante la estación cálida, sin la utilización de fuentes de energías convencionales. Entre ellos podemos distinguir los sistemas que favorecen las pérdidas de calor y los sistemas de ajuste de los parámetros de confort mediante la deshumidificación y movimiento del aire interior.

Los sistemas mecánicos de enfriamiento pueden ser de tipo solares activos, en los cuales se utiliza la energía solar como generadora de energía para los elementos mecánicos de los equipos de refrigeración, o pueden utilizarse sistemas convencionales en las situaciones extremas de verano, siendo estos complementarios a los sistemas pasivos.



CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO

Estrategias de prevención del calor

Protecciones solares

Las protecciones solares tienen la finalidad de evitar la incidencia de la radiación solar directa sobre la envolvente del edificio, principalmente en los elementos débiles al paso de calor (ventanas), reduciendo de esta forma las ganancias térmicas.

En el capítulo 11 se desarrollaron los diferentes tipos de protecciones, la metodología para su dimensionado, como así también, ejemplos gráficos para la elección de la protección solar, los cuales se podrán aplicar en los edificios teniendo en cuenta la adecuación conjunta con todas las otras condicionantes de su diseño, para lograr un resultado compatible con el clima del lugar, uso del edificio y necesidades internas de confort.

Las protecciones exteriores más comunes pueden ser:

Parasoles fijos: son dispositivos arquitectónicos diseñados para brindar protección a las aberturas o fachadas. Las protecciones pueden ser: verticales, horizontales o mixtas. Sus características y dimensiones dependerán de la orientación y tamaño de la ventana.

Elementos móviles: su accionamiento permite el ajuste a la posición del sol a lo largo del día, regulando la exclusión o ingreso de la radiación solar. Estos elementos pueden ser exteriores, tales como: celosías, lamas regulables, toldos, etc. o interiores como las cortinas y persianas. Hay que tener en cuenta que la protección exterior es más aconsejable, ya que impide que la radiación solar atraviese el vidrio y genere un efecto invernadero.

Espacios de sombra adosados: son espacios adosados a la edificación, con elementos que impiden la incidencia de la radiación solar directa en las aberturas y muros exteriores. Estos espacios pueden ser galerías o pérgolas, siendo conveniente en este último caso utilizar enredaderas de hojas caducas.

Protección con vegetación: en algunos casos se pueden utilizar especies vegetales para la protección de las aberturas y muros tales como árboles, cortinas vegetales o trepadoras, pero en todos los casos es conveniente que las mismas sean de hojas caducas para permitir el soleamiento en el invierno, cuando se produce la pérdida del follaje y evitar la incidencia de radiación en el verano, época en que la especie vegetal se cubre de hojas.

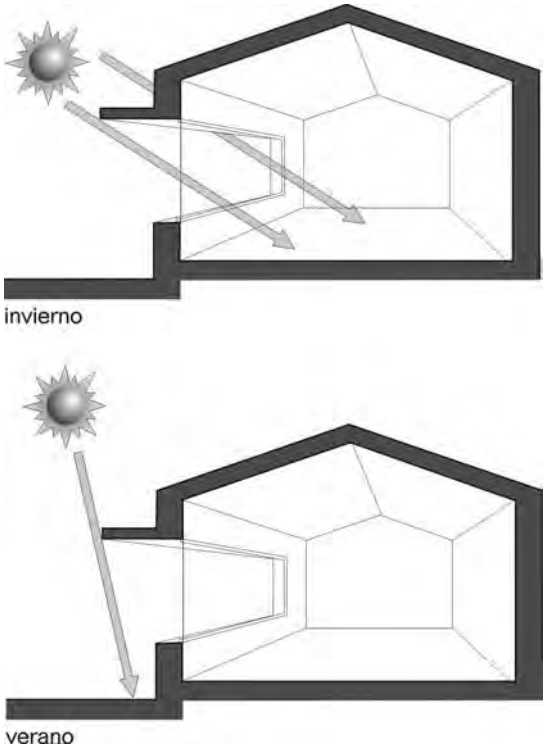


Fig. 14.01 Comportamiento de un parasol fijo horizontal en la abertura orientada al Norte.

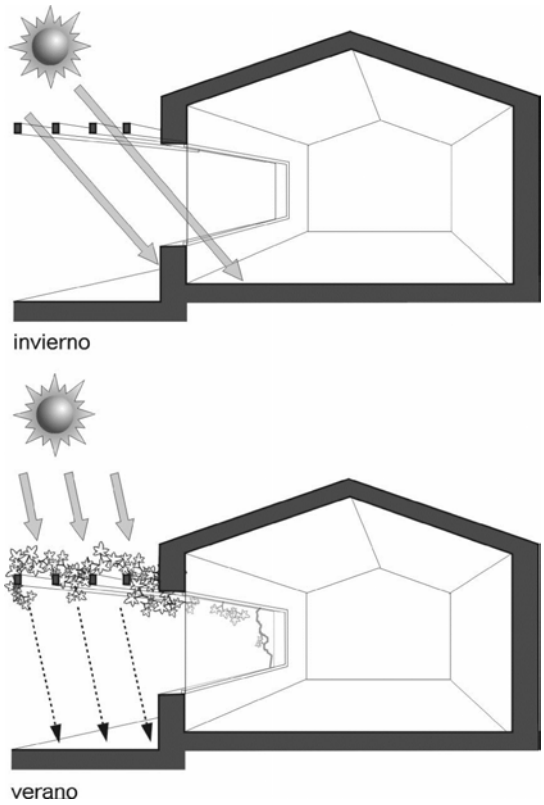


Fig. 14.02 Protecciones solares por espacios de sombra adosados al edificio.

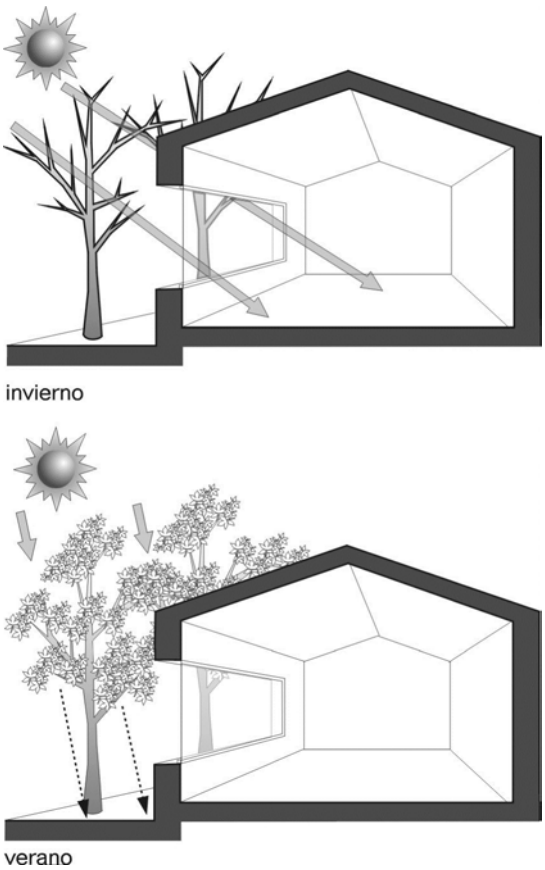


Fig. 14.03 Protecciones solares por vegetación.

Estrategias pasivas de enfriamiento

Enfriamiento por ventilación natural

La incidencia del viento contribuye al bienestar térmico del cuerpo humano, especialmente en clima cálido-húmedo. En este tipo de clima, la temperatura del aire es continuamente muy próxima a la de la piel, por lo que las pérdidas por convección son mínimas, asimismo, los altos porcentajes de humedad dificultan la pérdida de calor por evaporación de la transpiración. Bajo estas condiciones el movimiento del aire facilita la evaporación sobre la piel, renovando el aire saturado de humedad alrededor de la misma, logrando de este modo una disminución deseable en la sensación térmica.

Asimismo, la ventilación natural posibilita el refrescamiento de las superficies internas de la envolvente de los edificios por el ingreso de aire a menor temperatura (horas nocturnas), lo que posibilita mejorar las condiciones térmicas del interior de los locales. (Gonzalo et al., 2000).

El movimiento del aire interior se puede producir por medio de los siguientes métodos:

1. Ventilación cruzada: Teniendo en cuenta que, cuando el viento sopla hacia un edificio modifica su trayectoria desviándose alrededor de él, se generan áreas con mayor presión (presión positiva) en los lados que dan hacia el viento y de menor presión (presión negativa) en las caras del lado opuesto, motivo por el cual es conveniente que las ventanas de ingreso de aire se ubiquen en las zonas de presión positiva y las ventanas de egreso en las zonas de presión negativa, para lograr una ventilación cruzada en el interior. Sobre la base de este comportamiento se establecen las pautas de diseño para el aprovechamiento de la ventilación natural, las cuales se desarrollan con mayor precisión en el capítulo 9 de este libro.

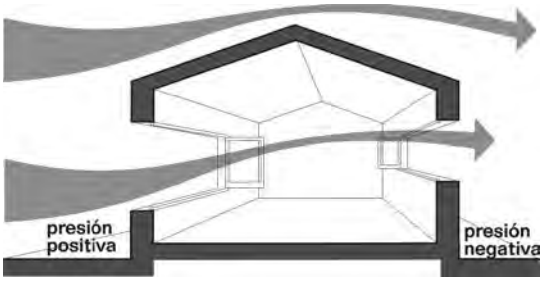


Fig. 14.04 Ventilación cruzada.

2. Ventilación por efecto chimenea: Cuando la temperatura del aire en el exterior es más baja que en el interior, se crea una diferencia entre sus densidades y un gradiente de presiones, generando un movimiento del aire por efecto térmico. El aire caliente, al ser más liviano asciende y se estratifica en la parte superior del local, si allí se colocan aberturas de salida se puede evacuar el mismo permitiendo el ingreso de aire más fresco por las ventanas inferiores del local. Esta corriente de aire puede utilizarse para ventilar los locales cuando las velocidades del viento son bajas y en las horas nocturnas en donde el aire exterior se encuentra a menor temperatura que el interior.

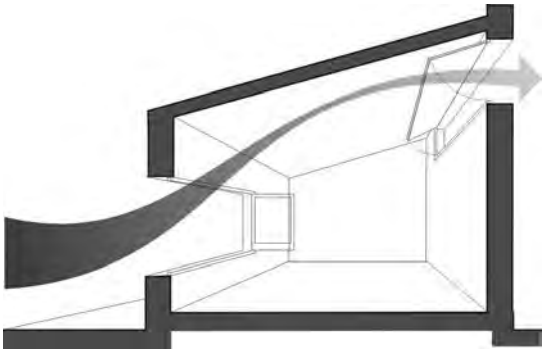


Fig. 14.05 Ventilación por efecto chimenea.

Chimenea solar: para reforzar la ventilación se puede utilizar un dispositivo denominado chimenea o cámara solar el cual posee una cara, preferentemente orientada al norte, que es calentada por captación directa de la radiación solar, logrando de esta manera una mayor succión del aire interior.

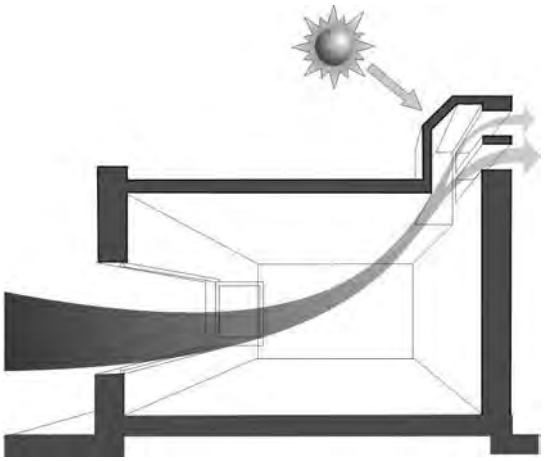


Fig. 14.06 Ventilación por chimenea solar.

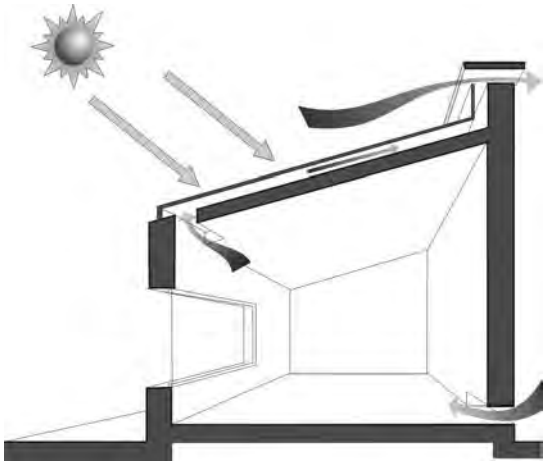


Fig. 14.07 Ventilación por cámara solar.

3. Torres de viento: son dispositivos para captar los vientos e introducirlos, por medio de aberturas, hacia la parte inferior del local. Este sistema es conveniente utilizarlo en localidades con adecuada disponibilidad de vientos.

4. Enfriamiento por suelo: esta estrategia consiste en la conducción de aire a través de cañerías enterradas, hacia los locales que se quieren acondicionar.

Su utilización práctica dependerá de las condiciones del suelo y de un adecuado balance costo - eficiencia, habiéndose comprobado, mediante mediciones realizadas sobre un caño plástico enterrado a 1,10 m bajo el nivel del suelo y conectado a un local, que se

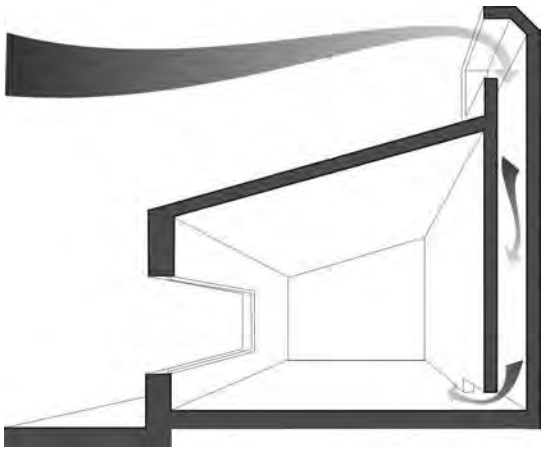


Fig. 14.08 Ventilación por torre de viento.

pueden obtener fácilmente disminuciones de temperatura de 5 a 7ºC.

Como la temperatura del aire que circula por los conductos va a depender de la que tenga la superficie de tierra, es conveniente disminuir la temperatura de la misma para obtener una mayor diferencia térmica. Esto se puede lograr regando la tierra donde se sitúan los conductos o cubriendo el suelo con una capa de granza de 10 cm que se humedece, con lo cual se protege la superficie del suelo por sombreado y, además, se agrega enfriamiento evaporativo (Gonzalo et al., 1984).

Es conveniente, además, utilizar algún apoyo mecánico para la circulación del aire enfriado en contacto con la tierra.

También se puede combinar esta estrategia con otras, tales como deshumidificación, enfriamiento evaporativo o radiante, ventilación por efecto chimenea, muro Trombe, etc.

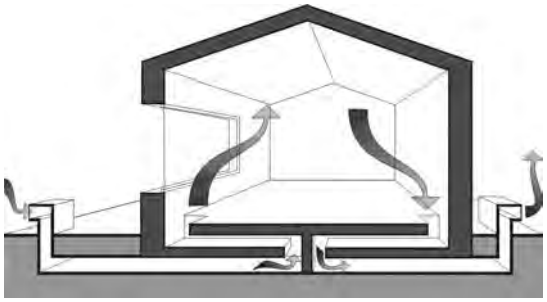


Fig. 14.09 Enfriamiento por suelo con regeneración nocturna.

Es conveniente, además, utilizar algún apoyo mecánico para la circulación del aire enfriado en contacto con la tierra.

También se puede combinar esta estrategia con otras, tales como deshumidificación, enfriamiento evaporativo o radiante, ventilación por efecto chimenea, muro Trombe, etc.

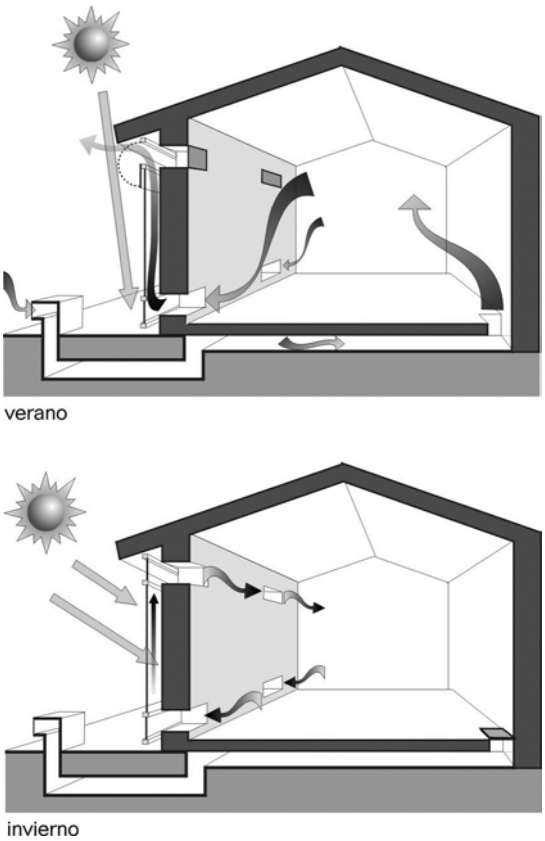


Fig. 14.10 Sistema combinado de enfriamiento por suelo y muro Trombe.

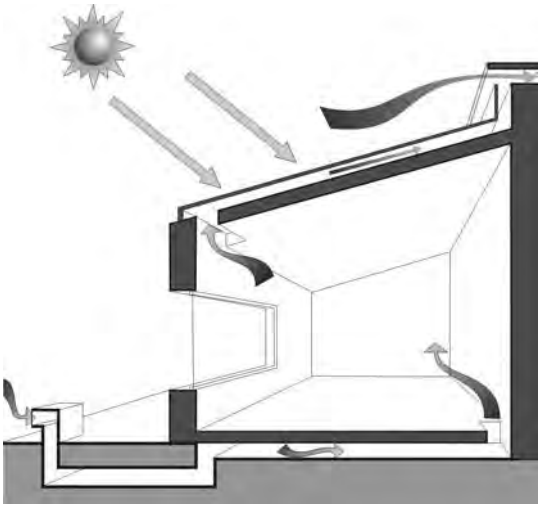


Fig. 14.11 Sistema combinado de enfriamiento por suelo y cámara solar.

Enfriamiento evaporativo

Esta estrategia se puede aplicar en el edificio mediante dos sistemas: directo o indirecto.

En el sistema evaporativo directo el aire es humidificado, con lo que se logra una disminución de su temperatura debido al calor absorbido al producirse la evaporación del agua, siendo luego introducido directamente dentro del edificio.

Este sistema, al aumentar la humedad absoluta del aire, podrá ser utilizado solamente en climas secos y con vientos constantes, si queremos que sea pasivo, debiendo agregar un ventilador para hacer circular el aire en caso de no tener vientos, con lo cual tendremos enfriamiento evaporativo activo.

El aire que se introduce en el recinto puede enfriarse por evaporación al pasar a través de elementos que contengan agua, tales como: fuentes, surtidores, estanques, aspersores, telas humedecidas, entre otros. También se puede aprovechar el proceso de evapotranspiración de la vegetación como sistema de humidificación del aire.

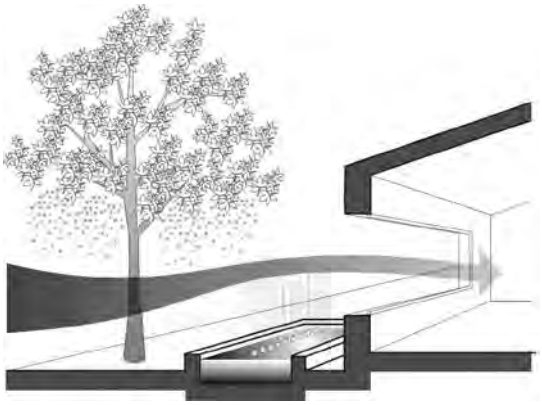


Fig. 14.12 Enfriamiento evaporativo directo.

Torres evaporativas: es un sistema de enfriamiento evaporativo directo que consiste en captar los vientos mediante una torre, la cual tiene sus superficies interiores humedecidas con agua, de tal manera que el aire que ingresa a la misma es enfriado por evaporación y al ser más pesado tiende a descender, ingresando al local por medio de una abertura ubicada en la parte inferior de la torre (Serra, s/f).

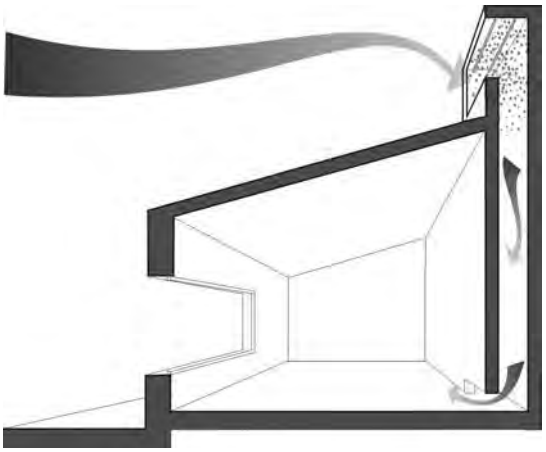


Fig. 14.13 Ventilación por torre evaporativa.

En el sistema evaporativo indirecto se utiliza un intercambiador de calor para no agregar humedad a los ambientes. La disminución de la temperatura del aire se realiza a través del elemento intercambiador.

El sistema más usual consiste en enfriar un techo por evaporación, aprovechando el cielorraso como panel frío para disminuir la temperatura del aire interior. Es conveniente cubrir la superficie evaporativa del techo en forma eficiente contra la radiación solar y aislar la cubierta para evitar que el calor absorbido sea el del exterior y no el del local.

Normalmente el espacio de sobretecho deberá ser ventilado en forma mecánica para permitir una eficiente evaporación y se usarán productos para tratar el agua a fin de prevenir la actividad biológica en el depósito y la proliferación de insectos. Asimismo, se tomarán medidas para impermeabilizar la cubierta a fin de evitar filtraciones y manchas de humedad.

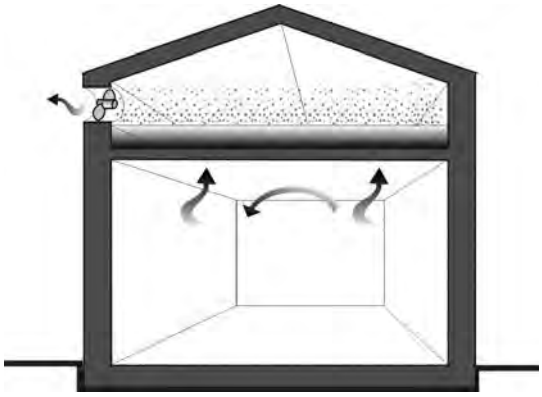


Fig. 14.14 Sistema de enfriamiento evaporativo indirecto con agua sobre la cubierta, sobretecho y ventilación mecánica.

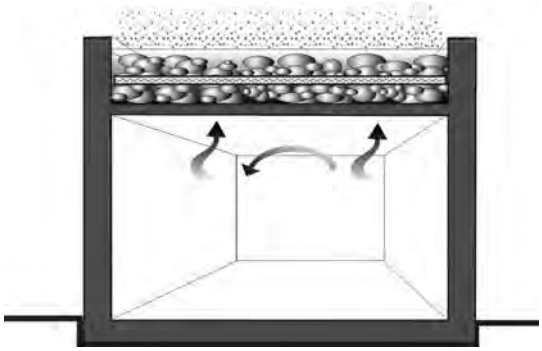


Fig. 14.15 Sistema de enfriamiento evaporativo indirecto por lecho de piedras inundado con agua, con aislación intermedia.

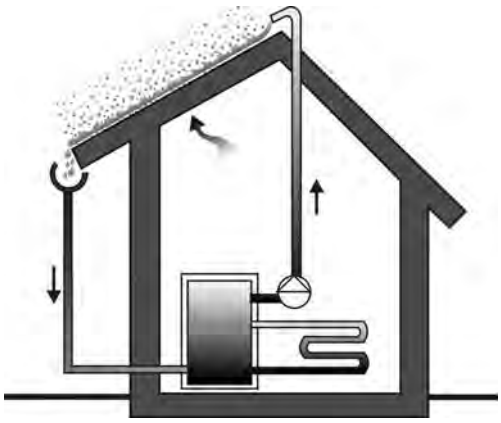


Fig. 14.16 Sistema de enfriamiento evaporativo indirecto con colector de derrame.

Enfriamiento por masa térmica

Como ya vimos en el capítulo 8, la elección correcta de las características termofísicas de los elementos de la envolvente puede facilitar la obtención de espacios interiores confortables en invierno y verano.

El uso adecuado de materiales y espesores en paredes externas y techos, lo vemos en el caso analizado de la vivienda en los Valles Calchaquíes donde los muros de adobe y techos de torta de barro, que tienen menos de la mitad de conductividad térmica que el ladrillo macizo y casi la mitad de los ladrillos huecos, con una capacidad térmica aproximadamente igual.

Esto permite, en climas de fuerte alternancia térmica, establecer un retardo grande de la onda de calor y lograr una disminución importante de la temperatura interior, completada mediante una correcta ventilación nocturna.

La inercia térmica, así como casi todos las otras estrategias, deberá ir acompañada de sistemas para la protección solar en la temporada estival, pudiendo utilizarse con este fin la vegetación, la cual tendrá que ser seleccionada y proyectada su ubicación en conjunto con el edificio.

Un elemento que puede utilizarse es la tierra en grandes espesores, ya que la misma actúa como elemento de inercia infinita para el ciclo diario, permitiendo reducir las fluctuaciones térmicas y manteniendo las temperaturas constantes en el interior del edificio, consiguiendo locales frescos en el verano y templados en el invierno. Para ello se pueden cubrir las superficies exteriores con tierra, enterrar el edificio, utilizando taludes o cubrir el techo con tierra (terraza-jardín).

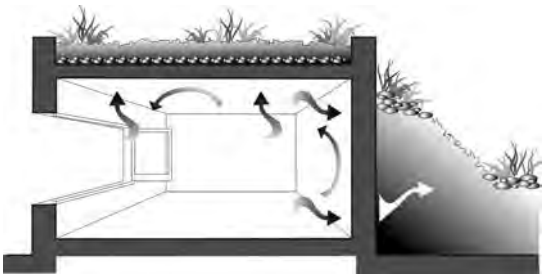


Fig. 14.17 Sistema de inercia térmica con utilización de macizos de tierra en taludes y en la cubierta (terraza-jardín).

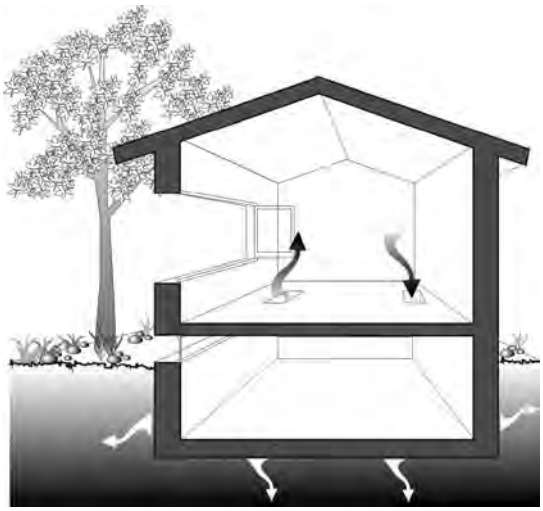


Fig. 14.18 Sistema de enfriamiento por edificio enterrado con intercambiador de calor efecto sótano).

Enfriamiento radiante

La pérdida de calor por emisión de radiación de onda larga de todas las superficies exteriores de un edificio, especialmente las enfrentadas al cielo, es el componente físico fundamental del enfriamiento radiante.

Estas superficies no se enfrían indefinidamente, sino que encuentran un equilibrio luego que son calentadas simultáneamente por el aire exterior por convección, siendo la diferencia de temperatura que se produce entre éste y la superficie, la utilizada como potencial de enfriamiento.

Bajo condiciones de cielo claro y atmósfera seca, podemos enfriar el aire cerca de 3ºC por debajo de su temperatura inicial y en áreas húmedas 2ºC. A medida que el aire exterior es más cálido, el beneficio del enfriamiento radiante será mayor.

Esta estrategia consiste en el aporte de calor del aire interior de un edificio, a la cara interior de una superficie que tenga su cara exterior enfrentada al cielo.

A efectos de que la temperatura superficial interior y exterior de la superficie de intercambio sean casi iguales, se eligen para ésta materiales metálicos que tienen una conductividad térmica alta.

Se puede corregir a su vez la emisividad relativamente baja de algunos metales, pintándolo en el exterior, para lo cual elegiremos un color adecuado a las condiciones climáticas anuales, ya que no influye en el comportamiento radiante el color de la pintura.

Entonces, el sistema de enfriamiento radiante será una relación entre la ventilación artificial efectuada en circuito cerrado en el interior de un edificio y la transferencia del calor llevado por el aire a una superficie enfrentada al exterior, la cual pierde este calor al emitirlo hacia la bóveda celeste.

Para tener una idea del potencial de enfriamiento que permite esta estrategia, un techo que tenga una pérdida radiante de 70 W/m^2 durante una noche puede perder 700 Wh/m^2.

La ganancia que tendrá este techo durante el día dependerá de la aislación térmica que tenga y si suponemos una resistencia de 1 m^2ºC/W, el calor ganado durante el día será de aproximadamente 140 Wh/m^2.

Por lo tanto el resultado neto de pérdida de este techo, que podemos utilizar para el enfriamiento del edificio, será de 560 Wh/m^2 (U.N.C.H.S., 1984)

Una forma de aplicar esta estrategia, como muestra la Fig. 14.19, consiste en utilizar una cubierta de chapa con cámara de aire ventilada y aislada hacia el interior para evitar el paso de calor durante el día. Durante las horas nocturnas se hace ingresar, mediante un impulsor, el aire desde la cámara hacia el local, ya que el mismo se encuentra más fresco al haber estado en contacto con la chapa la cual a su vez posee una menor temperatura que el aire exterior debido a la radiación de onda larga al cielo nocturno.

También se pueden utilizar techos pesados, de hormigón o incluso bolsas o depósitos con agua, que deben ser cubiertos con aislación durante el día y que son expuestos al cielo por la noche (Fig. 14.20).

El uso de techos con gran masa térmica enfrenta la dificultad de encontrar una solución práctica para el cubrimiento diurno, que tenga un costo apropiado con la obra en general y cuyo sistema de movimiento sea seguro.

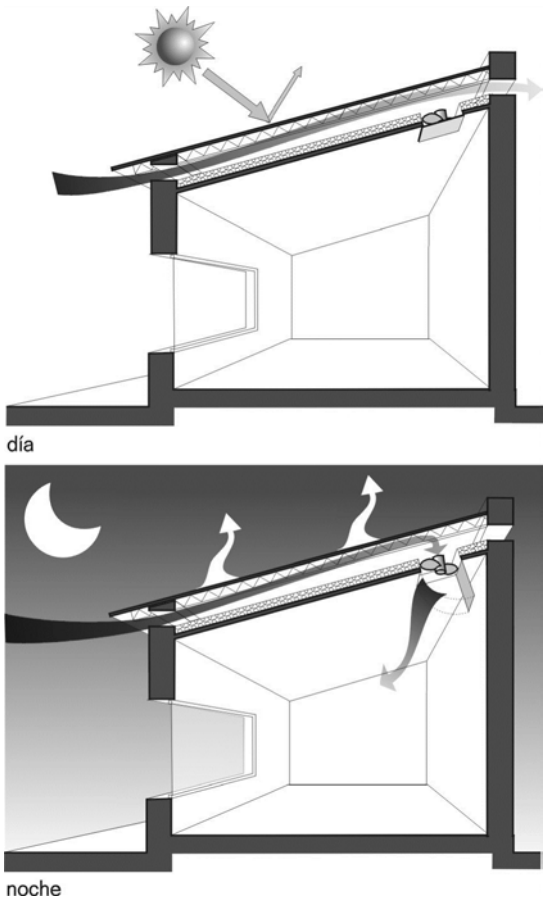


Fig. 14.19 Enfriamiento radiante en cubierta de chapa con cámara de aire y ventilación mecánica.

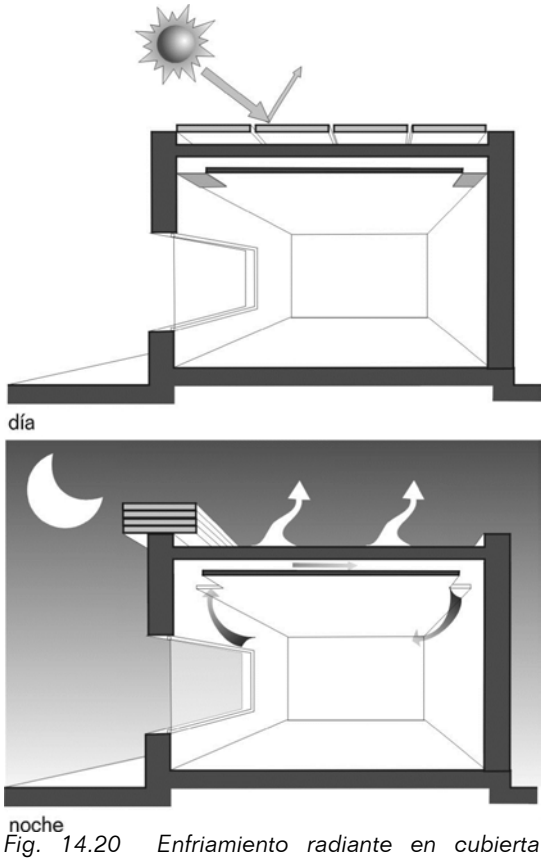


Fig. 14.20 Enfriamiento radiante en cubierta pesada con protección diurna y panel convector.

Para la mayoría de los climas este potencial será suficiente para mantener condiciones de confort estival para casi todo el período, considerando edificios que hayan sido diseñados conforme a un enfoque integral bioclimático.

Control de humedad: deshumidificación

El proceso de quitar humedad al aire exterior, para obtener condiciones confortables en climas que lo permiten, usualmente cálidos-húmedos, se realiza en forma mecánica enfriando el aire por debajo de su punto de rocío y eliminando el agua condensada. Este proceso requiere de un consumo importante de energía.

Los sistemas activos pueden proveer de esta energía, pero los colectores y el sistema en general serán adecuados sólo para edificios importantes, por la fuerte inversión que requieren.

Un método pasivo puede usar materiales desecantes que absorben la humedad del aire y que luego pueden ser regenerados, secándolos por medio de la energía solar.

Usualmente se colocan dos baterías de material desecante, así mientras una está en uso secando el aire, la otra está siendo regenerada.

Los materiales desecantes pueden trabajar por adsorción de las moléculas de agua (p.ej. sílica-gel o alúmina activada) o por absorción por disolución química (p.ej. cloruro de litio o de calcio).

Sistemas de enfriamiento activos

El enfriamiento por vía solar tiene la ventaja, similar al aprovechamiento anterior, de que se produce una simultaneidad entre la demanda y la disponibilidad de energía.

Sin embargo esta técnica no está muy desarrollada, encontrándose pocos equipos que puedan tener una valorización exitosa para competir comercialmente (C.F.I., 1982).

Los sistemas utilizados son diversos y algunos de ellos logran solamente una pequeña reducción de temperatura, siendo aptos para enfriamiento de edificios; y otros pueden utilizarse para la conservación de alimentos en frío al obtenerse mayores descensos de temperaturas.

Refrigeración con compresor

Es el sistema más usado convencionalmente y utiliza la expansión de un líquido (p.ej. amoníaco o freón), para que al evaporarse produzca un descenso de temperatura.

Una posterior compresión y enfriamiento en su condensador es necesario para recuperar la presión del fluido.

Para el funcionamiento de este ciclo es necesario disponer de energía mecánica para mover el compresor.

La energía solar puede utilizarse para producir dicha energía mecánica, en forma similar a lo que se hace para bombeo de agua o inclusive se puede utilizar equipos fotovoltaicos o sistemas eólicos.

Si bien esta tecnología está suficientemente desarrollada, su alto costo hace que aún no se ofrezcan equipos comerciales y se estudien distintas posibilidades que permitan su factibilidad.

Refrigeración por absorción

Este sistema de refrigeración aplica un ciclo que utiliza energía térmica en lugar de mecánica. El ciclo emplea una solución, por ejemplo agua y bromuro de litio, que es calentada en el generador para desprender el vapor de agua, el cual se condensa en el condensador. Esta agua se vaporiza al pasar a la zona de baja presión en el evaporador, produciendo el enfriamiento. El vapor es luego absorbido por la solución que proviene del generador y esta se bombea al generador a mayor presión, cerrando el ciclo.
De acuerdo con el tipo adoptado de ciclo, este sistema puede generar distintas temperaturas. La solución de agua - bromuro de litio se usa en acondicionamiento de edificios. La de amoníaco - agua es utilizada, por ejemplo, para la conservación de alimentos. Esta tecnología está desarrollada y se ofrece en forma comercial, aunque por su alto costo sólo puede pensarse en su aplicación para grandes edificios.

Aire acondicionado a gas

Dentro de los sistemas de enfriamiento convencionales, los más económicos y eficientes son los que utilizan gas natural para la producción de frío, ya que estos equipos consumen un 50% menos que los eléctricos de similares capacidades de frío. Esto se logra mediante el ciclo de absorción descrito anteriormente.

La solución utilizada en el sistema refrigerante sellado es, en el caso de equipos pequeños, una mezcla de amoníaco y agua, donde el amoníaco es el refrigerante y el agua es el absorbente. En equipos de mayores capacidades de frío la mezcla es de bromuro de litio y agua, donde el agua es el refrigerante y el bromuro es el absorbente.

Componentes:

Refrigerante: es un fluido que absorbe calor por evaporación a baja temperatura y presión y lo conduce entregándolo al exterior mediante una condensación a alta temperatura y presión.

Generador: es donde el ciclo comienza cuando es aportado calor al generador. El refrigerante hierve a más baja temperatura que el agua. Este proceso separa el refrigerante del agua y genera el sector de alta presión.

Serpentina condensadora: se trata de un intercambiador de calor por aire, donde el calor es removido del refrigerante condensándolo.

Serpentina evaporadora: al igual que la anterior, es un intercambiador de calor que remueve el calor del agua a enfriar. El calor removido del agua es transferido al refrigerante causando que este se vaporice.

Absorbedor: en el absorbedor el agua que quedó en el generador se vuelve a juntar con el refrigerante (amoníaco)

Bomba de solución: la bomba de solución bombea agua-amoníaco de vuelta al generador.

Ciclo de operación: mediante un termostato, el quemador a gas se enciende calentando el generador, causando que la solución en el generador hierva. Durante este proceso el amoníaco se separa del agua. El vapor de amoníaco deja el generador y entra a la serpentina del condensador donde es convertido en líquido. Cuando el amoníaco líquido deja el condensador pasa a través de un restrictor (es una disminución en la sección de paso del amoníaco líquido). El amoníaco líquido trata de pasar a través del restrictor aumentando su presión; el líquido que logró pasar al otro lado del restrictor baja su presión bruscamente junto con su temperatura antes de entrar en el evaporador.

El amoníaco líquido quita el calor del agua a enfriar a través de la superficie de la serpentina del evaporador. El agua a enfriar entrega calor, entonces el amoníaco líquido vuelve a transformarse en vapor. Este vapor refrigerante entra ahora al absorbedor de solución enfriada (sca).

El agua, la cual estaba del lado del generador, es movida por presión al SCA donde es enfriada y comienza a saturarse con el amoníaco nuevamente. (Ver Fig. 14.21)

Desde este punto, la solución saturada entra a la bomba de solución la cual mueve esta solución de vuelta al generador y el ciclo se repite (Pejko Guerci E., 1999).

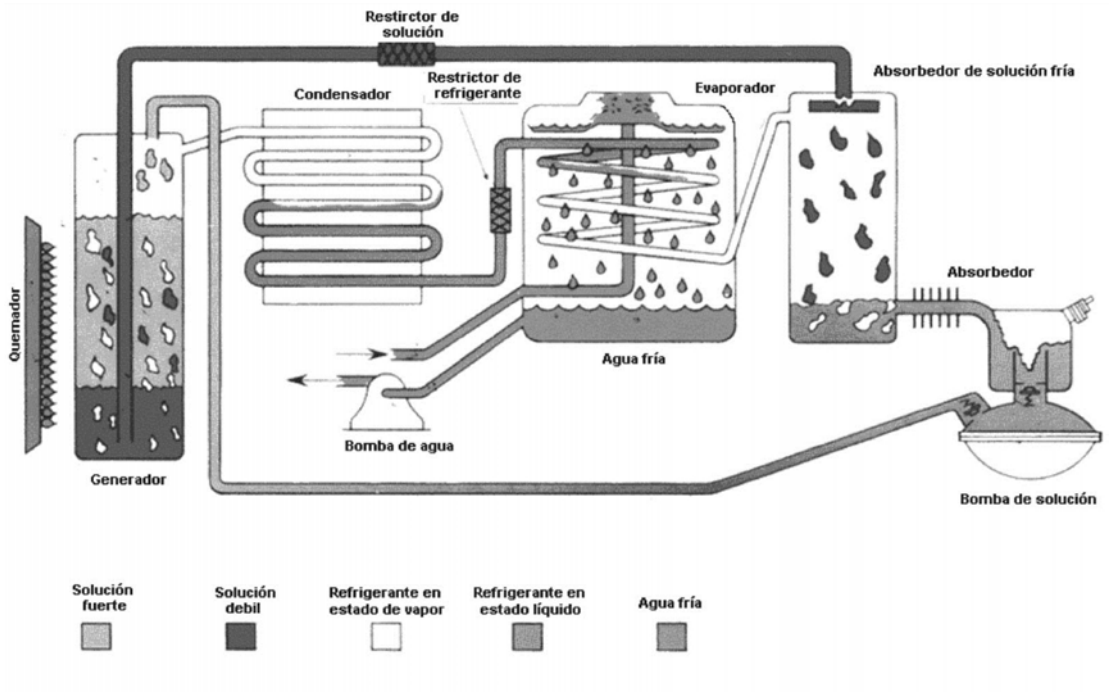


Fig.14.21 Ciclo de operación del aire acondicionado a gas (Pejko Guerci E., 1999).

REFERENCIAS

♦ C.F.I. (1982). "Aprovechamiento de la energía solar con fines agrícolas", Tucumán, CFI-UNSA-INENCO.

♦ Gonzalo R.E. y E.Ascárate. (1984). "Apuntes del curso: Acondicionamiento térmico de edificios en verano mediante energías naturales, Baruch Givoni, Mendoza".

♦ Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V. (2000). "Habitabilidad en edificios. Propuesta de Normas para Tucumán".

♦ Junta Andalucía. (1997). "Arquitectura y clima en Andalucía", Sevilla.

♦ Pejko Guerci E. (1999). "Aire acondicionado a Gas". Revista del Congreso Asades 1999.

♦ Serra R. "Clima, lugar y arquitectura. Manual de diseño bioclimático". CIEMAT. Cataluña.

15 APÉNDICES

Nota: los apéndices corresponden al libro Pautas y Estrategias para una Arquitectura Bioclimática y son una síntesis de los de la nueva edición del Manual.

ILUMINACIÓN NATURAL

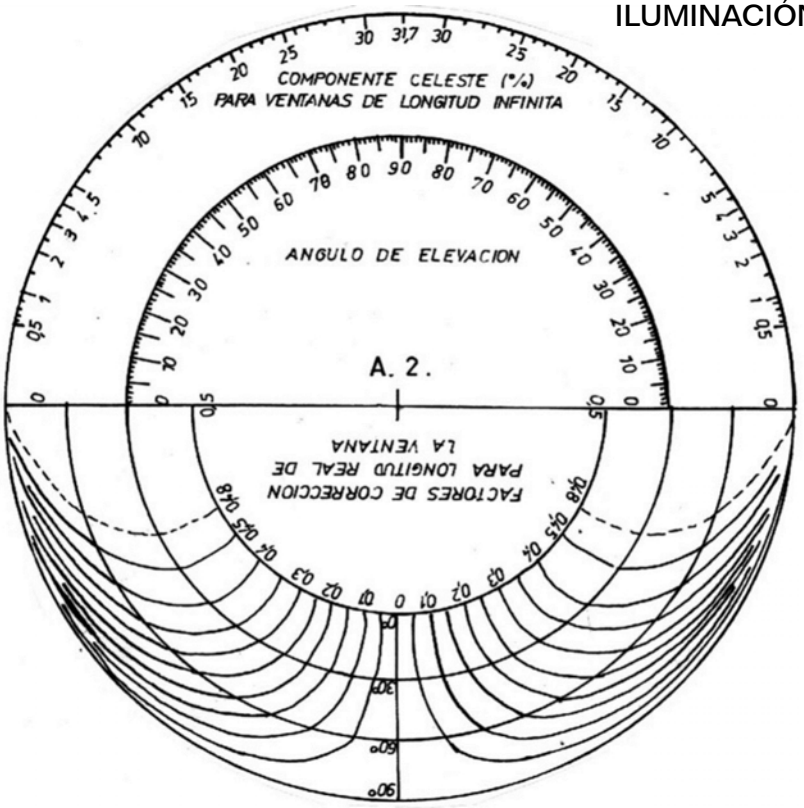
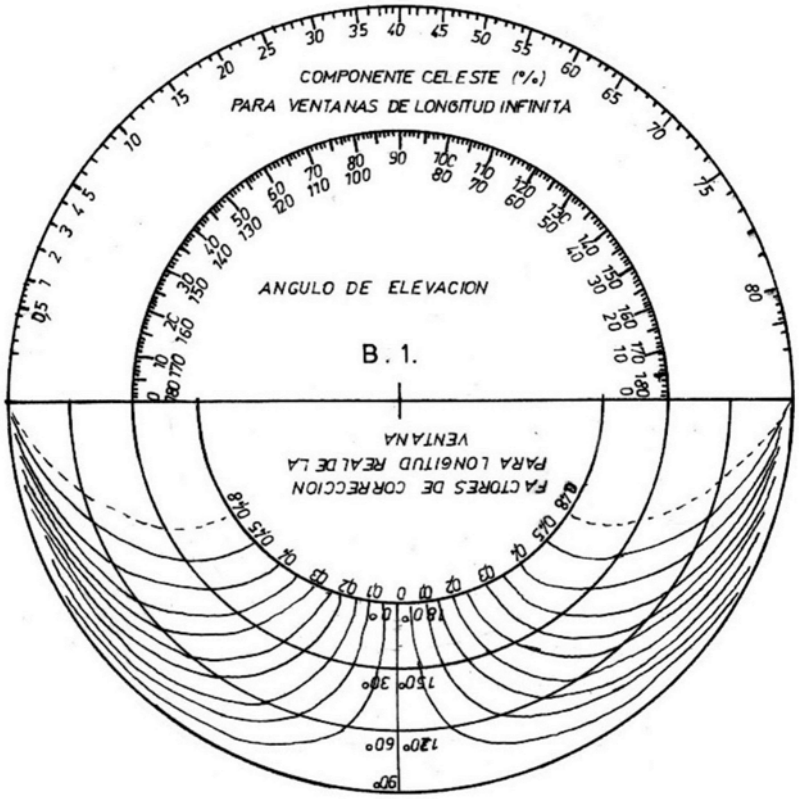


Fig. 15.01 Transportadores B.R.S. para ventana vertical con vidrios y cielo cubierto normal CIE.
Fig. 15.02 Transportadores B.R.S. para ventana horizontal y cielo cubierto normal CIE.



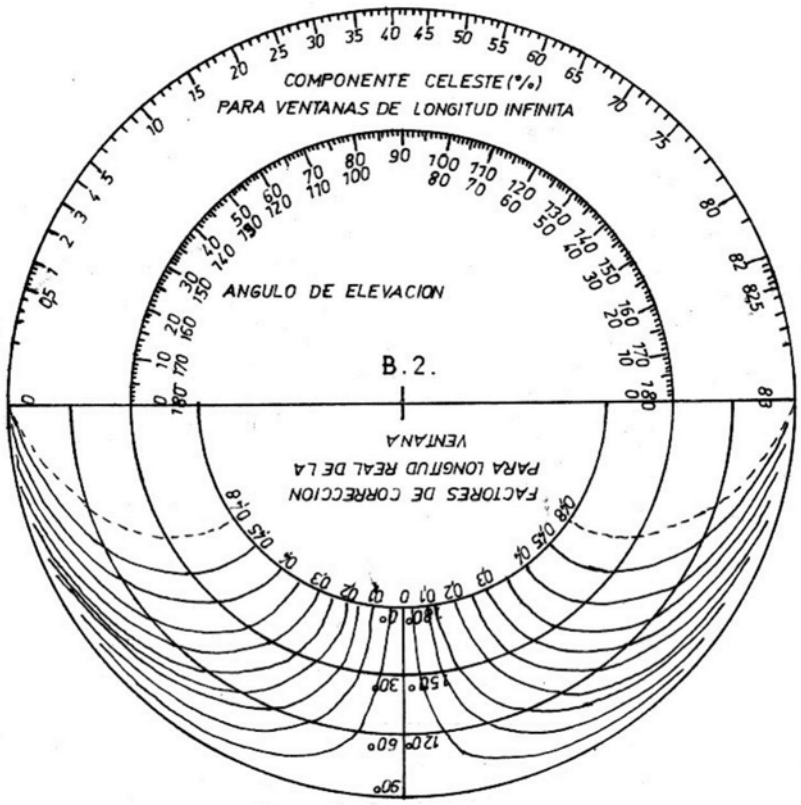


Fig. 15.03 Transportadores B.R.S. para ventana horizontal y cielo uniforme.

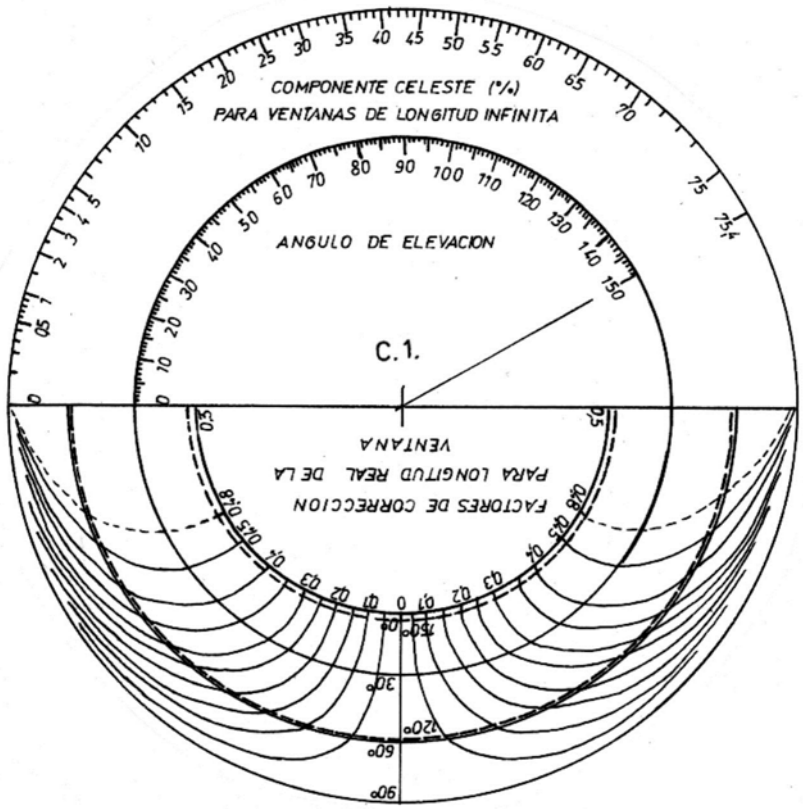


Fig. 15.04 Transportadores B.R.S. para ventana inclinada 30º y cielo cubierto normal CIE.

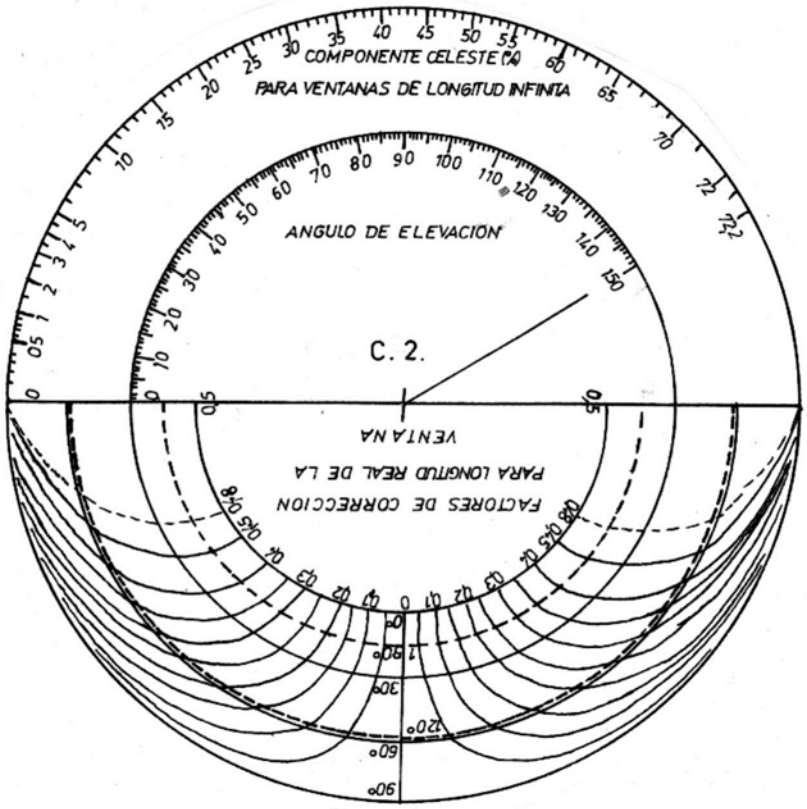


Fig. 15.05 Transportadores B.R.S. para ventana inclinada 30º y cielo uniforme.

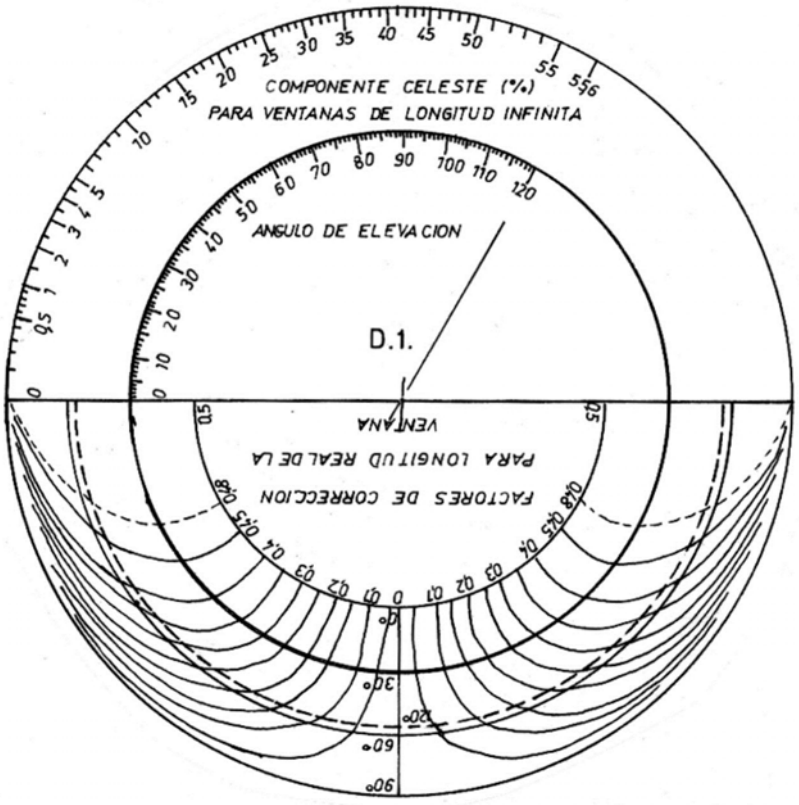


Fig. 15.06 Transportadores B.R.S. para ventana inclinada 60º y cielo cubierto normal CIE.

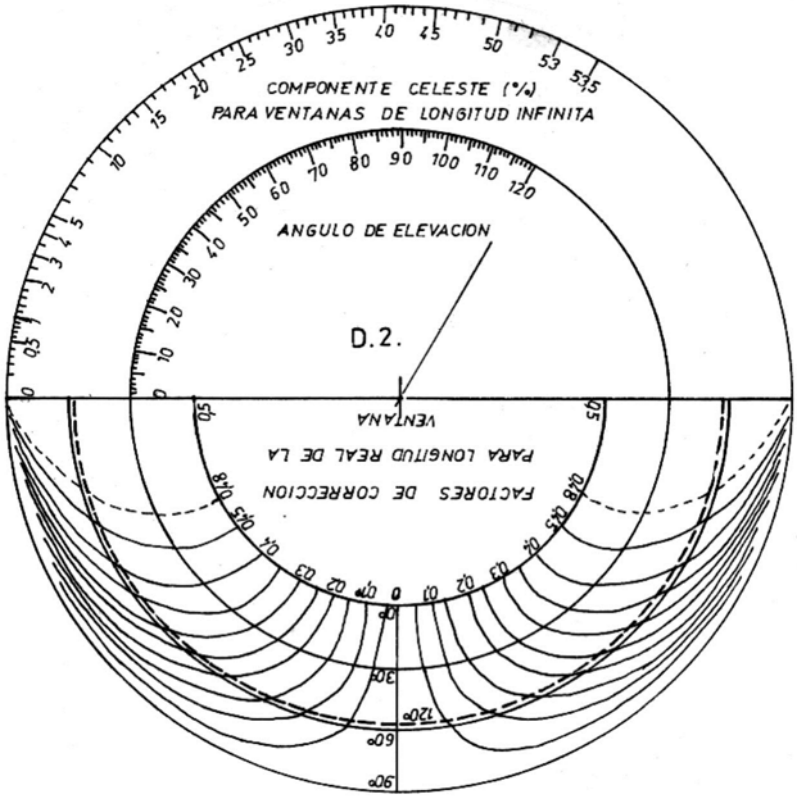


Fig. 15.07 Transportadores B.R.S. para ventana inclinada 60º y cielo uniforme.

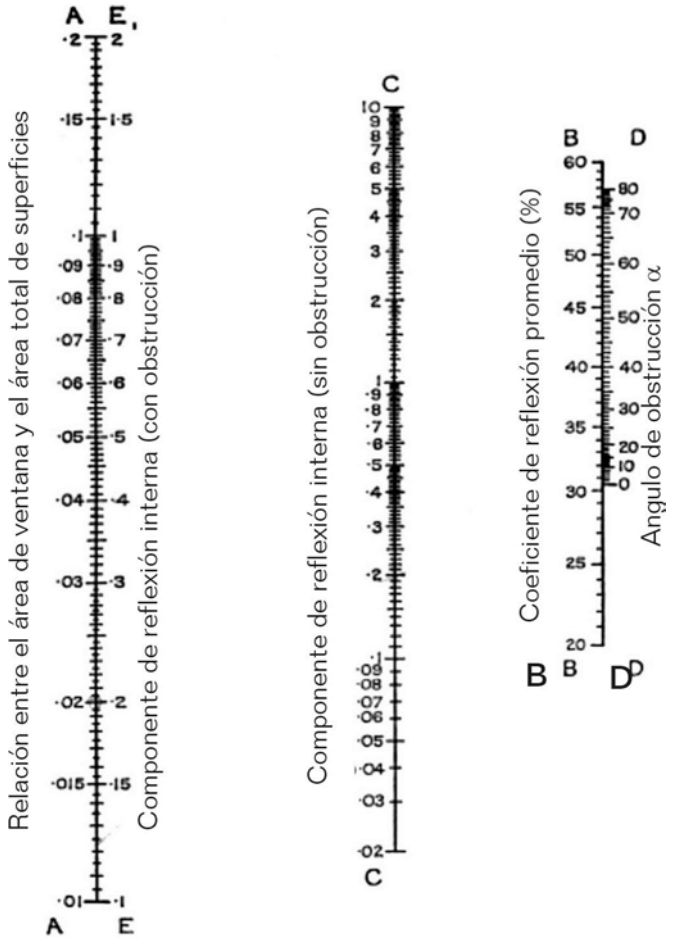


Fig. 15.08 Nomograma B.R.S. 1 para el cálculo del C.R.I. promedio en locales con ventanas laterales.

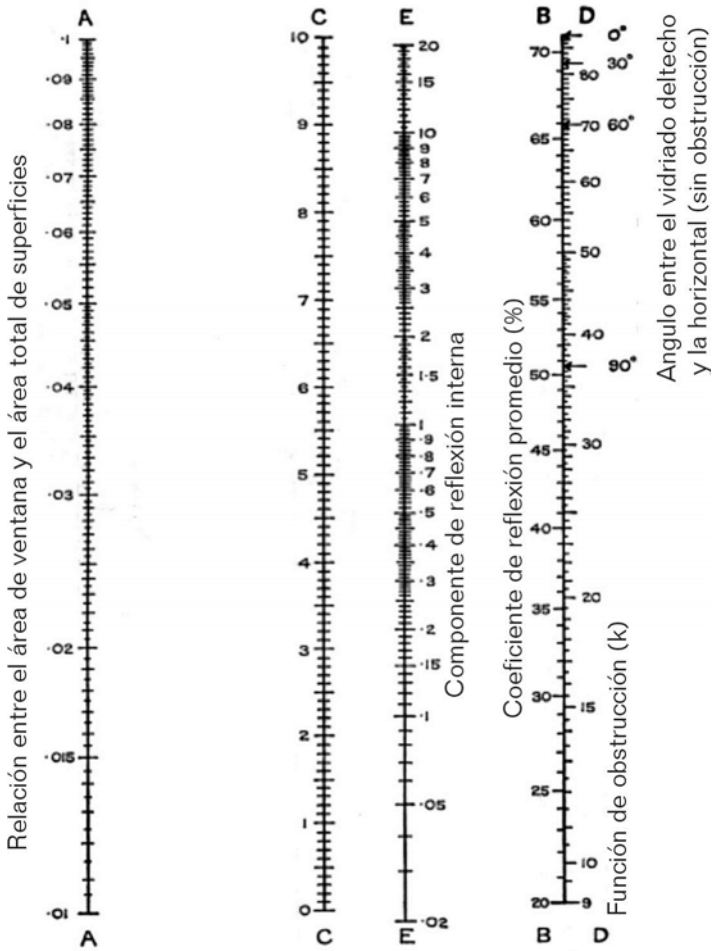


Fig. 15.09 Nomograma B.R.S. 2 para el cálculo del C.R.I. promedio en locales con ventanas cenitales.

sup. paredes / sup. total	Coef. de reflexión de pared %			
	10	30	50	70
0,3	33	38	43	48
0,4	30	37	44	51
0,5	26	36	44	54
0,6	23	34	45	56
0,7	20	36	46	59

Fig. 15.10 Coeficiente de reflexión promedio.

Estado de Limpieza	Vidriado Vertical	Vidriado Inclinado	Vidriado Horizontal
Bueno	0,9	0,8	0,7
Regular	0,7	0,6	0,5
Malo	0,6	0,5	0,4

Fig. 15.11 Coeficientes correctivos por limpieza de vidrios (K2)

Elemento	Espesor (mm)	Reflexión		Transmisión		Absorción	
		Mín.	Máx	Mín.	Máx.	Mín.	Máx
Vidrio claro	2-4	8	6	92	90	4	2
Vidrio prensado	3,2-6	24	7	90	57	21	3
Vidrio deslustrado exterior	1,3-7	20	7	87	63	17	4
Vidrio deslustrado interior	1,3-7	16	6	89	77	11	3
Vidrio opalino rojo	2-3	69	64	4	2	34	29
Vidrio opalino naranja	2-3	68	63	10	6	31	22
Vidrio opalino amarillo	2-3	68	57	20	12	23	20
Vidrio opalino verde	2-3	66	60	9	3	31	30
Vidrio opalino azul	2-3	67	-	1	-	-	32
Mármol pulimentado	7-10	71	30	8	3	65	24
Alabastro	11-13	67	49	30	17	21	14
Pergamino	-	48	-	42	-	-	10
Seda blanca	-	38	29	71	61	-	1
Seda de color	-	24	5	54	13	80	27

Fig. 15.12 Reflexión, transmisión y absorción de algunas sustancias.

Colores	Tonalidad	Reflexión (%)
Blanco	Nieve	76
Amarillo	Marfil	67
	Crema	69
Verde	Canario	67
	Paja	65
	Oro	58
	Oro viejo	37
Rojo	Claro	54
	Pardo	39
	Musgo	25
	Hoja	20
	Naranja	39
	Escarlata	29
	Vivo	27
	Granate	12
Rosa	Bengala	60
	Carne	57
Pardo	Habano claro	37
	Ladrillo	31
	Siena	15
Gris	Trianon	48
	Perla	42
	Plata	28
	Pizarra	19
Azul	Hortensia	49
	Cielo	26
	Azul vivo	15
	Pastel	12
	Violáceo	11
	Ultramar	9
Negro	Ebano	4

Fig. 15.13 Factores de reflexión de colores.

Clasificación tarea visual s/dificultad	C.L.D. Medio %	Valor de Iluminancia lx	Ejemplos de Normas 20-06
Reducida	1	100-200	Visión ocasional circulación, depósito.
Mediana	2	200-500	Intermitente y moderada (inspección en general)
Alta	3	500-1000	Visión crítica y prolongada, inspección, trabajo fino)
Muy Alta	5	1000-2000	Visión excepcional-mente difícil

Fig. 15.14 CLD mínimo para industrias (Normas IRAM AADL J20-17)

Clasificación de la tarea visual según dificultad	Coeficiente Luz Diurna %	Ejemplos de Locales y Tareas Visuales
Reducida	1	Circulaciones, depósitos de materiales toscos.
Mediana	2	Inspección General, Trabajo común de oficina.
Alta	5	Costura y Dibujo.
Muy Alta	10	Montaje e Inspección de Mecanismos delicados.

Fig. 15.15 CLD mínimo según tarea visual (Normas IRAM AADL J-20-02)

Destinos del local	C.L.D. %	Observaciones
Estar	2	Estos valores deberán medirse o verificarse sobre el plano útil a una distancia desde la abertura igual a la mitad de la profundidad del local.
Cocina	2	
Dormitorio	1	

Fig. 15.16 CLD mínimo para vivienda (Normas IRAM AADL J-20-02)

Locales	C.L.D.% Mínimo	Observaciones
Aulas de enseñanza en general	2 *	La relación entre los valores de iluminación máximos y mínimos no excederá, preferiblemente, de 3 a 1. Las ventanas estarán colocadas de manera que los alumnos no estén enfrentados a ellas y reciban la luz del lado izquierdo. Se tendrá especial cuidado para evitar contrastes excesivos en la línea de huella.
Aulas de enseñanza especial (dibujo, dactilografía, etc.).	5 *	
Educación física	2 *	
Escaleras	1 *	

(*) Estos valores deben verificarse en el punto más desfavorable del local

Fig. 15.17 CLD mínimo para locales de escuela (Normas IRAM AADL J20-02)

Tipo de edificio	C.L.D. min.%	Observaciones
Cocina	2	Por lo menos el 50% del local (aprox. 4,5 m²).
Dormitorios	0,5	Por lo menos el 75% del local (aprox. 5,5 m²).
Living	1	Por lo menos el 50% del local (aprox. 7 m²).
Escuelas	2	En toda el área de enseñanza y cocina.
Hospitales	1	En toda el área de internación.
Oficinas generales	1	Con ventanas laterales y a una distancia de 3,75 m
Oficinas de dibujo	6	Sobre la mesa de dibujo.
	2	Sobre el resto de las superficies.
Laboratorios	3 a 6	Dependiendo de la importancia de ventanas laterales o cenitales.
Fábricas	5	Recomendación general.
Galerías de arte	6	Máximo en paredes.
Iglesias	1	General sobre toda la superficie.
	1,5 a 2	En el santuario.
Edificios Públicos	1	Mínimo deseable para áreas generales.

Fig. 15.18 CLD mínimo según la I.E.S.

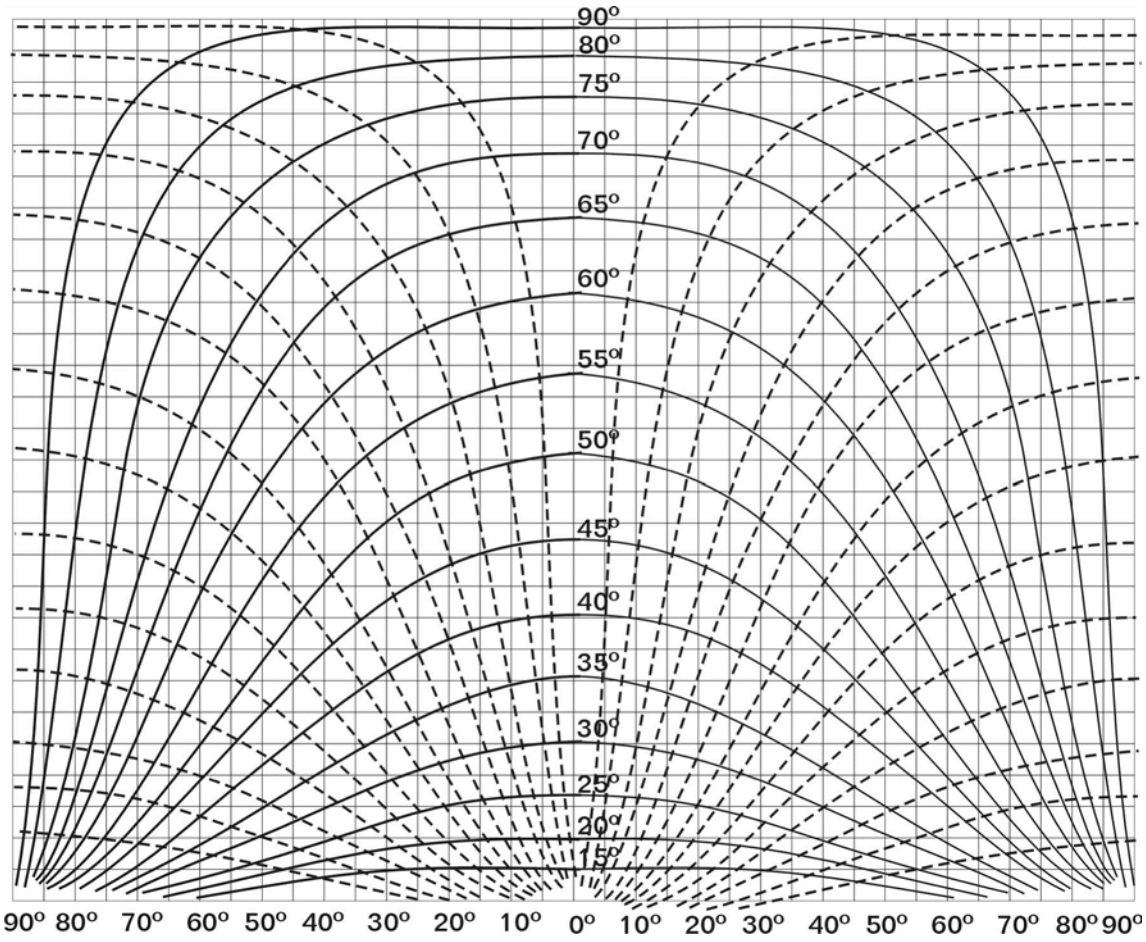


Fig. 15.19 Diagrama de Waldram.

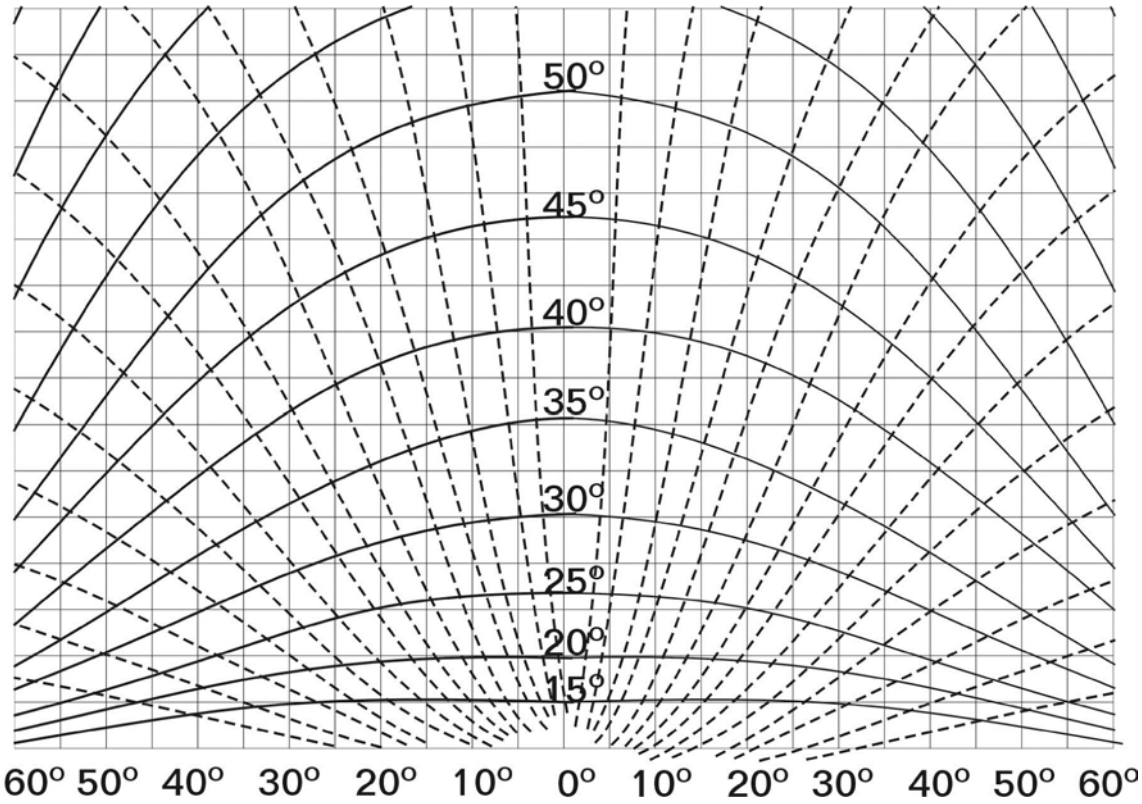


Fig. 15.20 Diagrama de Waldram ampliado para ángulos más comunes.

Fig. 15.21: Mapa con temperaturas de diseño de invierno promedio por zonas bioclimáticas para la Provincia de Tucumán.

Destino del local	Temperatura (°C)
Vivienda, escuela, comercio, cultura, locales para trabajo sedentario	18
Salones de actos, gimnasios, locales para trabajo ligero.	15
Locales para trabajo pesado	12
Espacios para almacenamiento en general	10

TABLA 15.1: Temperatura interior de diseño según destino del local.

	Localidad	Temperatura Media Mínima	Temperatura Mínima de Diseño
1	Tucumán	7,6	3,1
2	Amaicha	1,1	-3,4
3	Bella Vista	7,3	2,8
4	Benjamín Paz	4,8	0,3
5	Famaillá	5,9	1,4
6	El Guardamonte	6,3	1,8
7	El Cadillal	6,2	1,7
8	Concepción	6,9	2,4
9	Colalao del Valle	0,8	-3,7
10	Gdor. Garmendia	7,4	2,9
11	San Arturo	6,3	1,8
12	San Andrés	7,6	3,1
13	Monteagudo	6,4	1,9
14	Lules	8,7	4,2
15	Los Ralos	7	2,5
16	Leales	6,1	1,6
17	Las Cejas	7,2	2,7
18	Lamadrid	6,6	2,1
19	La Cocha	5,8	1,3
20	Gdor. Piedrabuena	7,3	2,8
21	Villa Nougués	6,5	2
22	Villa Alberdi	6,7	2,2
23	Trancas	4,6	0,1
24	Tapia	5,3	0,8
25	Tafí Viejo	8,2	3,7
26	Tafí del Valle	1,8	-2,7
27	Taco Ralo	5,9	1,4
28	Simoca	6,2	1,7
29	San Javier	5,4	0,9

TABLA 15.2: Temperatura exterior de diseño para distintas localidades de la Provincia de Tucumán.

TABLA 15.3: Valores de resistencia térmica de cámaras de aire.

ESTADO DE LAS SUPERFICIES DE LA CAMARA DE AIRE	ESPESOR DE LA CAPA DE AIRE	RESISTENCIA TERMICA, EN m2.K/W DIRECCION DEL FLUJO DE CALOR		
	mm	HORIZONTAL	ASCENDENTE	DESCENDENTE
SUPERFICIES DE	5	0,11	0,11	0,11
MEDIANA O ALTA	10	0,14	0,13	0,15
EMITANCIA	20	0,16	0,14	0,18
(CASO GENERAL)	50 a 100	0,17	0,14	0,21
UNA O AMBAS	5	0,17	0,17	0,17
SUPERFICIES DE	10	0,29	0,23	0,29
BAJA EMITANCIA	20	0,37	0,25	0,43
	50 a 100	0,34	0,27	0,61

El valor de la resistencia térmica de la cámara de aire, de tabla anterior, se elige ingresando con los siguientes datos:

Espesor de la capa de aire en mm.

Tipo de cerramiento: si el elemento analizado es vertical (por ejemplo los muros) el flujo de calor es horizontal, si el elemento es horizontal (por ejemplo la cubierta) el flujo de calor es ascendente para la condición de invierno y descendente para la condición de verano.

Tipo de superficie: en general se adopta el valor para las superficies de mediana o alta emitancia. Pero si se incorpora materiales de baja emitancia (por ejemplo película de aluminio, cinc pulido, cobre pulido) deberán adoptarse los valores correspondientes a este tipo de superficies.

TABLA 15.4: Valores de resistencias térmicas superficiales.

Interior (Rsi)			Exterior (Rse)		
Dirección del flujo de calor			Dirección del flujo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,1	0,17	0,04	0,04	0,04

El valor de resistencias superficiales depende del sentido del flujo de calor: si el elemento analizado es horizontal (cubierta), para la condición de invierno, la dirección del flujo de calor será ascendente, para la condición de verano será descendente. Si el elemento es vertical (muros) la dirección del flujo de calor será horizontal.

TABLAS: DE DENSIDAD APARENTE, CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y CAPACIDAD TÉRMICA, PERMEABILIDAD Y PERMEANCIA DE LOS MATERIALES. SE ENCUENTRAN EN SOFTWARE CEEMAKMP Y CEEMACOND

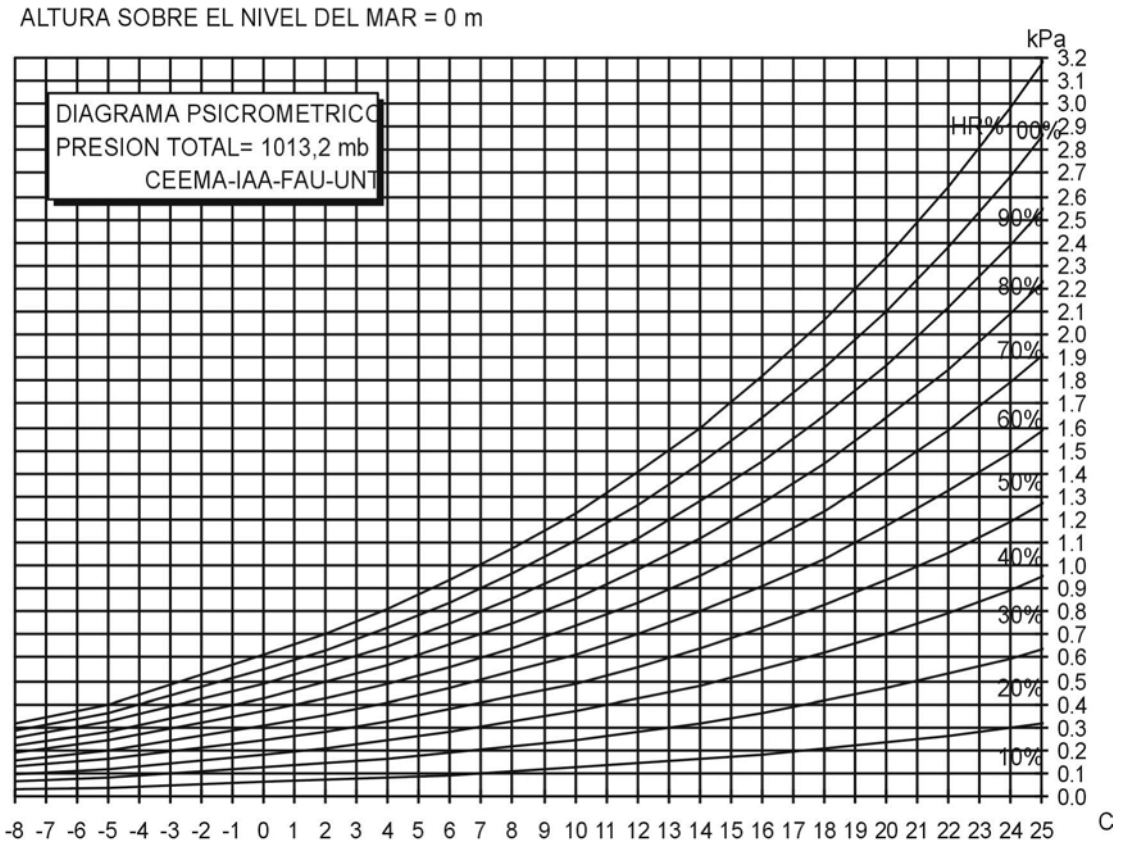


Fig. 15.22: Diagrama psicrométrico para 0 m sobre el nivel del mar.

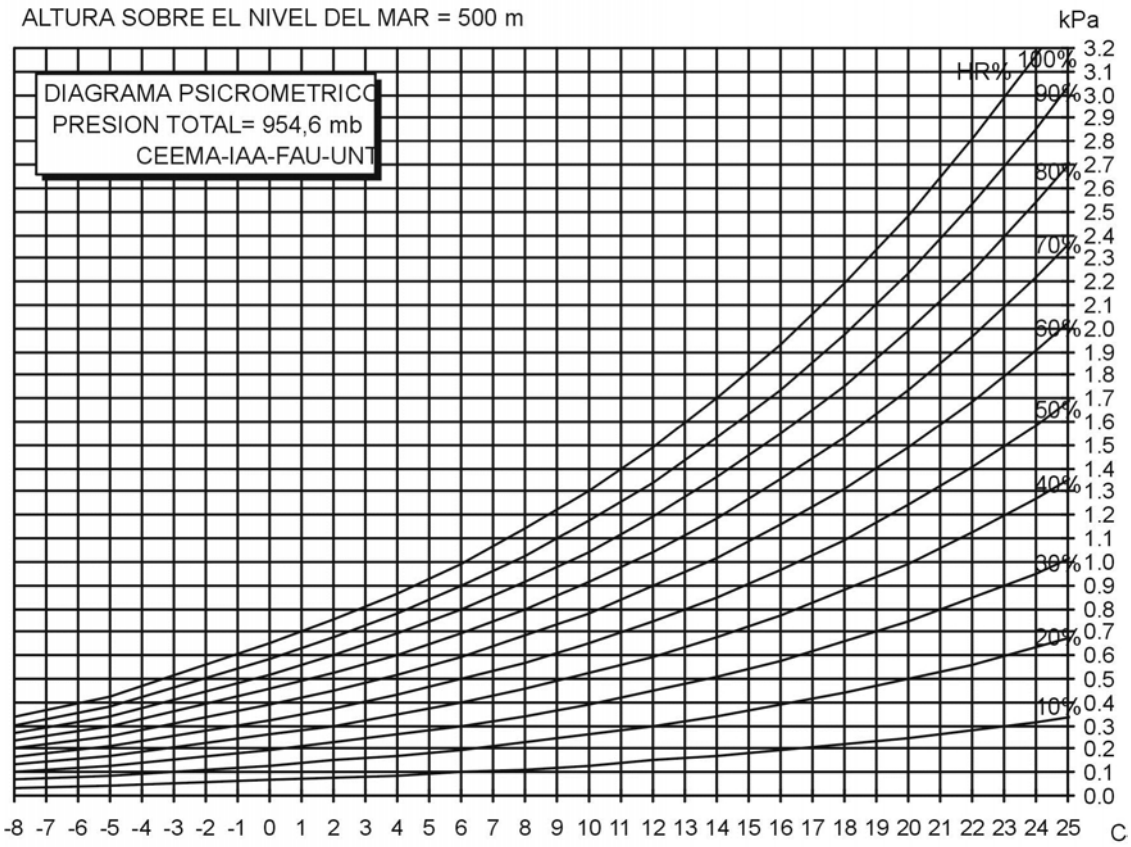


Fig. 15.23: Diagrama psicrométrico para 500 m sobre el nivel del mar.

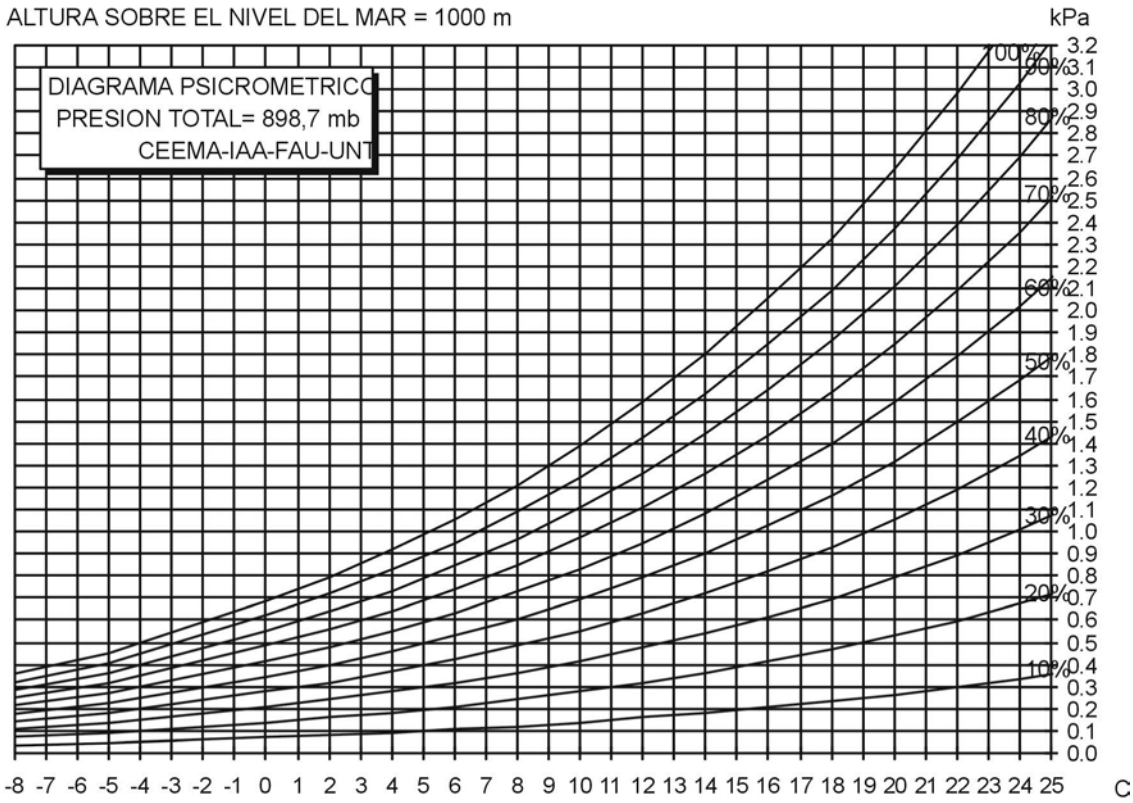


Fig. 15.24: Diagrama psicrométrico para 1.000 m sobre el nivel del mar.

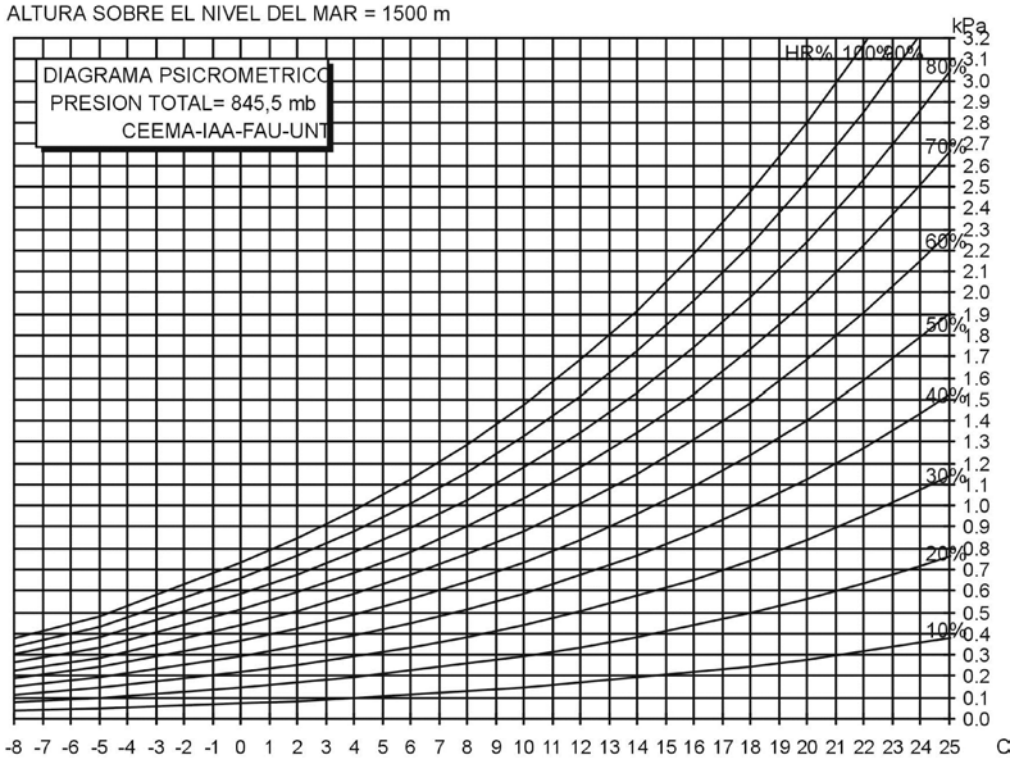


Fig. 15.25: Diagrama psicrométrico para 1.500 m sobre el nivel del mar.

*Tabla 15. 5: Valores de K máximo admisible para condición de invierno.**

Temperatura exterior de diseño (t_{ed}) (°C)	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
-15	0,23	0,20	0,60	0,52	1,01	1,00
-14	0,23	0,20	0,61	0,53	1,04	1,00
-13	0,24	0,21	0,63	0,55	1,08	1,00
-12	0,25	0,21	0,65	0,56	1,11	1,00
-11	0,25	0,22	0,67	0,58	1,15	1,00
-10	0,26	0,23	0,69	0,60	1,19	1,00
-9	0,27	0,23	0,72	0,61	1,23	1,00
-8	0,28	0,24	0,74	0,63	1,28	1,00
-7	0,29	0,25	0,77	0,65	1,33	1,00
-6	0,30	0,26	0,80	0,67	1,39	1,00
-5	0,31	0,27	0,83	0,69	1,45	1,00
-4	0,32	0,28	0,87	0,72	1,52	1,00
-3	0,33	0,29	0,91	0,74	1,59	1,00
-2	0,35	0,30	0,95	0,77	1,67	1,00
-1	0,36	0,31	0,99	0,80	1,75	1,00
> 0	0,38	0,32	1,00	0,83	1,85	1,00

** Para valores de temperatura exterior de diseño (ted) intermedios, los valores de transmitancia térmica máxima admisible (K máx.adm.) se obtienen por interpolación lineal.*

Tabla 15.06 Valores máximos de transmitancia térmica para condiciones de verano para muros (W/m² °C).

Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
1 y 2	0,45	1,10	1,80
3	0,50	1,25	2,00

Tabla 15.07: Valores máximos de transmitancia térmica, verano para techos (W/m² °C).

Zona Bioambiental	Nivel A	Nivel B	Nivel C
1 y 2	0,18	0,45	0,72
3	0,19	0,48	0,76

Los valores máximos admisibles de transmitancia térmica, establecidos para la situación verano, corresponden a elementos de cerramiento cuya superficie exterior presenta un coeficiente de absorción de la radiación solar de 0,7.

Para coeficientes menores que 0,6, se deberán incrementar los valores de transmitancia térmica admisibles en los siguientes porcentajes:

Tabla 15.06: 20 %

Tabla 15.07: 30 %

Para coeficientes mayores que 0,8, se deberán disminuir los valores de transmitancia térmica admisibles en los siguientes porcentajes:

Tabla 15.06: 15 %

Tabla 15.07: 20 %